I. Akad. nauk

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

SAINT-PÉTERSBOURG.

VII^E SÉRIE.

TOME XXXII.

(Avec 24 planches.)

LIBRARY OF CONGRESS
164652
NOV 20 1886
SMITHSONIAN DEPOSIT

SAINT-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 9 Roubl. 65 Cop. = 32 Mk. 10 Pf.

AS262
.S32

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des Sciences.
Août, 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimérie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr. 9e ligne, № 12.)

506.47
A33
7e ser.
t. 32
1884-85
W. Stks.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XXXII.

№ 1.

Die fossilen Pteropoden am Ostabhange des Urals. Von **A. Karpinsky.** (Mit 1 Tafel.) 20 pages.

№ 2.

Bestimmung des Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit in absolutem electromagnetischen Maasse. Von **H. Wild.** (Mit 5 Tafeln.) 122 pages.

№ 3.

Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881. Von **O. Backlund.** 50 pages.

№ 4.

Zur Entwickelung der Störungsfunction. Von **O. Backlund.** 33 pages.

№ 5.

Die Fluss-Thäler des mittleren Russlands. Von **S. Nikitin.** 24 pages.

№ 6.

Helligkeitsmessungen der Bessel'schen Plejadensterne. Von **Ed. Lindemann.** 29 pages.

№ 7.

Studien über Blut. Von **H. Struve.** 34 pages.

№ 8.

Neuaufgefundene hebräische Bibelhandschriften. Bericht an die Kaiserliche Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg. Von Dr. **A. Harkavy.** (Mit 5 Lichtdruck-Tafeln.) 48 pages.

№ 9.

Ueber den histologischen Bau und die Vertheilung der nervösen Endorgane auf den Fühlern der Myriopoden. Von **Basil Sazepin.** (Mit 3 Tafeln.) 20 pages.

№ 10.

Studien über Krystalle und Krystallite. Von **A. Famintzin.** (Mit 3 Tafeln.) 26 pages.

№ 11.

Theoretische Untersuchungen über die intermediären Bahnen der Cometen in der Nähe eines störenden Körpers. Von **H. Gyldén.** 23 pages.

№ 12.

Des divers types musculaires et de la façon différente dont s'exprime la force active des muscles. (Matériaux d'une anatomie générale du système musculaire). Par le Dr. **P. Lesshaft.** Professeur d'Anatomie. 41 pages.

№ 13.

Beiträge zur Craniologie der Grossrussischen Bevölkerung der nördlichen und mittleren Gouvernements des Europäischen Russlands. Von Prosektor **A. Tarenetzky.** 81 pages.

№ 14.

Ueber den Tubercularia persicina, Ditm. genannten Pilz. Von Dr. **Cristoph Gobi,** Professor an der Kaiserlichen Universität zu St. Petersburg. (Mit 1 Tafel.) 25 pages.

№ 15.

Zur Spectroskopie des Stickstoffs. I. Untersuchungen über das Bandenspectrum. Von Dr. **B. Hasselberg.** (Mit 5 Tafeln.) 50 pages.

№ 16.

Ueber den Verfasser und die Quellen des (Pseudo-Photianischen) Nomokanon in XIV Titeln. Von **E. Zachariä von Lingenthal,** correspondirendem Mitgliede der Akademie. 41 pages.

№ 17.

Die thermodynamischen Beziehungen antithetisch entwickelt. Von Dr. **Arthur v. Oettingen.** 70 pages.

№ 18 ET DERNIER.

Hydrologische Untersuchungen. XLIV. Thermalwasser Kamtschatka's. Von Prof. Dr. **Carl Schmidt.** (Mit 1 Karte.) 29 pages.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 1.

DIE
FOSSILEN PTEROPODEN AM OSTABHANGE DES URALS.

VON

A. Karpinsky.

Mit einer Tafel.

(*Lu le 18 octobre 1883.*)

1152926

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 1.

DIE

FOSSILEN PTEROPODEN AM OSTABHANGE DES URALS.

VON

A. Karpinsky.

Mit einer Tafel.

(*Lu le 18 octobre 1883.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Février 1884. C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Am Ural hatte man bis jetzt noch keine Pteropoden-Reste gefunden, doch in Russland waren sie schon seit längerer Zeit bekannt und einige Gattungen wie *Hyolithes* und *Hemiceras* Eichw. wurden hier aufgestellt[1]).

In der letzten Zeit belief sich die Anzahl der Arten in Russland bis auf 32, die in silurischen (26), devonischen (5) und permischen (1) Schichten angetroffen wurden. Diese Arten gehören 4 Gattungen an, von denen *Conularia* am zahlreichsten vertreten ist[2]).

Mit der Entdeckung der Pteropoden-Reste am Ural vergrössert sich die Anzahl derselben um eine Gattung und 7 Arten, die in Russland zum ersten Male auftreten.

Der grösste Theil dieser Reste findet sich beim Kirchdorf Pokrowskoje, am Flusse Bobrowka, Nebenfluss des Irbit[3]) (ungefähr 120 Kilometer nordöstlich von Katharinenburg). Diese Gegend, in welcher vorzüglich Felsitporphyre und Kalksteine auftreten, ist ein der reichsten Versteinerungsfundorte am Ostabhange des Urals. Die meisten Versteinerungen treten in den hellgrauen Kalksteinen auf, welche nur schwach gefaltet sind, während in der

---

1) Ich veröffentliche hier nur einen Abschnitt (mit Hinzufügung einiger geologischen Data's) aus dem grossen Werke über den Ostabhang des Urals, das später in russischer Sprache erscheinen wird. Dieses Werk wird aus einem geologischen, speciell petrographischen und palaeontologischen Theile bestehen, wobei noch eine grosse geologische Karte von einem Flächenraum von ungefähr 150,000 Quadrat-Kilometer beigefügt werden soll.

2) Die obenangeführte Anzahl der Arten ist nur annähernd angegeben worden, da in Folge der ungenügenden Bestimmung einiger Pteropoden-Reste nicht mit Sicherheit festgestellt werden konnte ob sie zu den in Russland bekannten Arten gehören. Ausserdem sind auch diejenigen Reste nicht hierher gerechnet worden, deren Zugehörigkeit zu den Pteropoden oder überhaupt zu den Mollusken noch zweifelhaft ist. So z. B. die devonische Form Creseis digitus, die von Ehrenberg (Monatsber. der Akad. zu Berlin 1862, S. 600—60) beschrieben wurde und so auch Eichwald's Hemiceras. Diese Gattung ist nach Fr. Schmidt nur auf Bruchstücken von Siphonen des *Orthoceras duplex* gegründet (Balt. silur. Trilobiten I, 2).

3) Der Irbit gehört, wie bekannt, zum Flusssystem des Ob und ergiesst sich durch folgende Gewässer in das Eismeer, wie: Niza, Tura, Tobol, Irbit und Ob.

nächsten Umgebung, wie fast überall am Ostabhange des Urals, die Lagerung der Schichten, mit Ausnahme der tertiären, ausserordentlich gestört ist. Es genügt hier nur folgende, in diesen Kalksteinen vorkommende Fossilien anzuführen wie: *Spirifer indifferens* Barr., *Atrypa reticularis* L., *Strophomena Stephani* Barr., *Rhynchonella pila* Schnur., um zu erkennen, dass die genannten Kalksteine zu derjenigen geologischen Abtheilung gehören (Etagen F. G. H. Barrande's, Herzynische Schichten des Harzes u. a.) über deren silurische oder devonische Altersbestimmung die Ansichten der Geologen heut zu Tage nicht übereinstimmen.

Die weiter unten beschriebenen Schichten, die zu demselben Horizont gehören, sind noch bemerkenswerther. Sie treten auf dem Ural auch bei Pokrowskoje zu Tage, bilden aber leider nur eine kleine Entblössung von mehreren Quadratmetern und ihre Lagerungsverhältnisse zu den grauen Kalksteinen und Porphyren sind durch die Quaternärbildungen vollständig verdeckt.

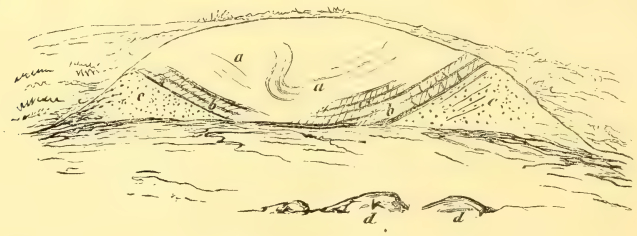
Die beigefügte Zeichnung stellt eine künstliche Entblössung von 1,8 Meter Höhe dar, in welcher die in Rede stehenden Schichten aufgedeckt sind, die ausserdem noch in einer Entfernung von 10 Meter von diesem Punkte ein wenig zu Tage treten.

a Grünlicher Kalkstein, dessen Schichten von 2—5 Cm. Mächtigkeit durch dünne Thonlagen getrennt sind.

b Röthlicher Kalkstein mit zahlreichen Fossilien in sehr dünnen (1—5 Cm.) Schichten, die auch durch rothe Thonlagen getrennt sind.

c Pfeffergrauer, fossilienführender kalkiger Sandstein, mit untergeordneten Lagen eines grünlichen thonigen Sandsteines oder sandigen Thones.

Fig. 1.



Vor diesem Durchschnitt befindet sich die erwähnte unbedeutende natürliche Entblössung, in welcher ein rother Kalkstein oder Kalksteinkonglomerat (*d*) zu sehen ist, der aus kleinen durch kalkigen Cäment verbundenen Kalksteinstücken besteht.

Alle diese Schichten fallen schwach nach SW. h. 10 ein.

Der Bergingenieur Gebauer, der in dieser Gegend die Untersuchungsarbeiten auf Steinkohle leitete und dem ich den obenabgebildeten künstlichen Durchschnitt verdanke teufte

auf meine Bitte bei der Entblössung des Kalksteines *d* einen kleinen Schurf ab, durch welchen folgende Gesteine aufgeschlossen wurden:

1. Eine dünne Schicht rothen Kalksteines.....
2. Bunter, gelblicher, weicher thoniger Sandstein..... 0,75 Met.
3. Aehnlicher viel härterer Sandstein mit kalkhaltigen Sandsteinconcretionen..... 0, 5 »
4. Sandiger grünlichweisser Thon..... 0,05 »
5. Sandstein der Schicht 3 entsprechend..... 0, 4 »
6. Rother harter Sandstein mit schaliger Structur..... 0, 3 »
7. Geschichteter thoniger Sandstein von grünlichweisser Farbe mit undeutlichen kohligen Pflanzenabdrücken. 0, 1 »
8. Weicher rother Sandstein..... 0, 5 »
9. Harter rother Sandstein..... 0, 3 »

In Folge der starken Ansammlung des Wassers ist der Schurf nicht weiter abgeteuft worden.

Die obenangeführten Ablagerungen sind namentlich durch die Mannigfaltigkeit der Fossilien sehr bemerkenswerth. Hier fanden sich Trilobiten, Cephalopoden (Goniatiten und Orthoceratiten), Pteropoden (Hyolithes, Tentaculites und Styliola), Gasteropoden, Brachiopoden, Bryozoen, Korallen und solche Thierreste, deren Stellung im zoologischen System noch sehr räthselhaft ist. Zur Charakteristik des Horizontes, zu welchem die in Rede stehenden Ablagerungen gehören, kann man folgende Arten anführen: *Phacops fecundus* Barr., *Goniatites lateseptatus* Beyr., *Tentaculites acuarius* Richt. u. a.

Der zweite Fundort der Pteropoden am Ostabhange des Urals befindet sich nördlich vom Kamensk-Hüttenwerke am Flusse Kamenka zwischen den Dörfern Bortkina und Tscheremkinskoje (ungefähr 100 Kilometer östlich von Katharinenburg). Die Schichten dieses Fundorts bestehen aus Sandsteinen, Konglomeraten, Thonen, Thonschiefer, dünnen, untergeordneten Kalksteinschichten etc. und lagern zwischen devonischen Kalksteinen mit Atrypa reticularis Lin., Atr. latilinguis Schnur., Pentamerus galeatus Dalm., Rhynchonella cuboides Sow. und carbonischen Kalksteinen mit Productus giganteus Mart., Productus striatus Fisch. u. a. und sind selbst ziemlich arm an Fossilien. In den oberen kohlenführenden Lagen derselben, fast an der Grenze des Bergkalks, enthalten sie ausschliesslich nur Pflanzenreste, wie: *Ulodendron commutatum* Schimp., *Stigmaria ficoides* Brgt. u. a. Formen, die die untere Abtheilung des Carbonischen Systems charakterisiren; in den tieferen Lagen treten schon in Begleitung von sehr schlecht erhaltenen Pflanzenresten oberdevonische Formen auf z. B. Goniatites Verneuilli? Münst, Orthoceras subflexuosus Münst, Cardiola retrostriata v. Buch. und führen schliesslich dicht über dem devonischen Kalksteine: *Productus subaculeatus* Murch. (Fluss Isset), *Rhynchonella acuminata* Mart. (Fl. Kamenka) und an dem letzteren Orte finden sich auch unter Anderm die Pteropodenreste (Tentaculiten).

Aus den gegenwärtig bekannten Data's kann man schliessen, dass die Ablagerung der beschriebenen Schichten ununterbrochen von der Bildungszeit der devonischen Kalksteine bis zu der des Kohlenkalkes vor sich ging. Die oberen Schichten sind allem Anscheine nach echte untere Carbonische Bildungen, die unteren dagegen — oberdevonische.

Die Grenze zwischen diesen Bildungen in den fossilienleeren Schichten zu bestimmen ist sehr schwer und wie vorauszusehen wird auch eine scharfe Trennung derselben nicht durchzuführen sein.

Tentaculites Schlotheim.

In Russland waren die Tentaculiten schon vor dem Jahre 1830 aus den silurischen und devonischen Ablagerungen bekannt[1]). Später sind sie bei den Untersuchungen Murchison's, Verneuill's und Kayserling's angetroffen worden[2]) und vom letzteren namentlich im Petschoralande[3]). Auch Kutorga erwähnt Tentaculiten-Abdrücke[4]), doch nach der Beschreibung und Abbildung derselben zu urtheilen sind die Bestimmungen dieser Abdrücke, wie schon Eichwald mit Recht bemerkt[5]), nicht richtig. Abich fand die Tentaculiten in den devonischen Schichten von Transkaukasien[6]).

Der grösste Theil der russischen Tentaculiten-Formen ist von Eichwald[7]) und Fr. Schmidt[8]) bestimmt und vom Autor der Lethaea Rossica beschrieben worden, der für die echten Tentaculiten zum Unterschied von den Crinoiden und andern irrthümlicher Weise als *Tentaculites* bezeichneten Reste, die unnütze Benennung *Lonchidium* gegeben hat[9]).

Die devonischen Tentaculiten von Central-Russland hat ferner auch Professor Stuckenberg angeführt[10]). Nach den im Museum des Berginstituts vorhandenen Exemplaren zu schliessen finden sich die Tentaculiten noch im oberdevonischen Kalksteine (mit *Goniatites retrorsus* Buch, *Cardiola retrostriata* Buch etc.) beim Flusse Kirjak am Westabhange des Urals (im Kreise Sterlitamak, Gouvernement Ufa).

In der letzten Zeit ist besonders der Bau der Spitze oder des Anfangstheiles des Gehäuses der Tentaculiten berücksichtig worden. Ludwig erwähnt zu allererst, dass die Spitze

---

1) Eichwald Naturhist. Skizze v. Lith., Vol. und Podol. Wilna 1830, S. 15. Pusch Geogn. Beschr. v. Polen 1831. S. 104, 135. In Polen (Kielce-Gebirge) sind die Tentaculiten von Pusch gefunden worden, im russichen Theile des silurischen Dniestr-Gebietes von Eichwald und in dem zu Galizien gehörenden Theile dieses Gebietes von Pusch und Lill. von Lilienbach (Mém. de la Soc. géol. de France I, 1883, S. 95, 98), später von Roemer u. a. Die später erschienenen Hinweise auf das Vorkommen der Tentaculiten in Polen finden sich bei Zeuschner (Zeiszner, Geologia Krakow. 1856, S. 238, Zeuschner Zeitschr. d. d. Geol. Gesell. 1869. S. 273) u. a.

2) Geologie de la Russie etc., II, p. 222, 223, 382.

3) Wissensch. Beob. a. e. Reise in d. Petschora-Land. S. 272.

4) Verh. d. Russ. Miner. Gesellsch., 1847, S. 305.

5) Lethaea Rossica. I. p. 1043.

6) Vergl. geolog. Grundz. d. Kaukasus 1858, p. 529.

7) Lethaea Rossica I. p. 1041, pl. 40.

8) Sil. Form. etc. Arch. f. Naturkunde Livl. etc. 1858 II, 235.

9) Bull. d. l. Soc. d. Natur. d. Moscou. 1857. p. 145.

10) Schrift. d. St. Petersb. Naturforsch. Ver., IX, 45.

des Gehäuses bei *Tentaculites maximus* Ludw. mit einem Knötchen endet, das in der Abbildung als eine kleine, aber deutliche ellipsoidale Anschwellung der Spitze des Gehäuses dargestellt ist[1]).

Ein ähnliches glattes verdicktes Jugendende des Gehäuses ist bei *Tentac. cancellatus* Richt., von Richter beschrieben und abgebildet worden[2]), aber ein solcher Bau des Gehäuseendes ist nur als specifisches Merkmal angesehen worden und die andern Tentaculiten betrachtete man als mit einer Zuspitzung endigend.

Novak kam bei seinen Untersuchungen zahlreicher Tentaculiten[3]) zu der Schlussfolgerung, dass die Gehäuse derselben, die mit longitudinalen Rippchen (Längsrippchen oder sogenannten Längsstreifen der meisten Autoren) bedeckt sind, mit ellipsoidischen bläschenförmigen Körperchen endigen; die glatten und quergestreiften Tentaculiten zeigen dagegen keine derartigen Anfangsbläschen, sondern ein am Ende mehr oder minder abgestumpftes Röhrchen[4]). Auf diese Weise giebt es wahrscheinlich keine Tentaculiten, welche ein spitzes Ende haben, wie sie bis zur letzten Zeit abgebildet und beschrieben wurden. Trotzdem wird diese Gattung in einer später erschienenen Arbeit von G. Rob. Vine[5]) (die einige Tentaculiten aus den Wenlockschichten Englands behandelt), durch ein spitzes Ende des Gehäuses charakterisirt. Obgleich ich bei meinen Untersuchungen der längsgerippten Uralschen Tentaculiten das Anfangsbläschen auf dem Gehäuse derselben beobachtet habe, so glaube ich dennoch, dass bei den späteren Beobachtungen die Eintheilung der Tentaculiten je nach dem Vorhandensein oder der Abwesenheit der Bläschen nicht mit der Eintheilung nach dem Charakter der Sculptur übereinstimmen wird. Diese Ansicht geht aus folgenden Data's hervor:

1) Nicht nur bei verschiedenen Arten, sondern auch auf den Gehäusen einer und derselben Art sind die Anfangsbläschen mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit ausgebildet. So ersieht man z. B. selbst aus den Abbildungen Novak's, dass bei einigen Individuen des *Tent. elegans* Barr. die Anfangsbläschen sehr deutlich entwickelt (Novak. Tafel XIII, Fig. 6,8) bei andern aber kaum sichtbar sind; auf dem Exemplar, welches in Fig. 1 dargestellt ist, wird das Anfangsbläschen wie bei den quergestreiften und glatten Tentaculiten, durch ein am Ende abgestumftes Röhrchen ersetzt. Wenn man schon bei genauerer Beobachtung eine sehr schwache Verdickung am Ende dieses Röhrchen's bemerken kann, so erscheint eine solche noch deutlicher bei der glatten Form des *Tent. procerus* Maur., die von Novak in Fig. 18 dargestellt ist.

---

1) Ludwig. Pteropoden. Palaeontogr. XI. S. 318, Taf. L. Fig. 21—22. Zwei Varietäten des *Tent. maximus* sind die einzigen Vertreter der Tentaculiten im Tertiär-System. Obgleich dieselben nicht zu einem und demselben Geschlecht mit den älteren Tentaculiten gehören, die wie bekannt nur in den silurischen und devonischen Ablagerungen vorkommen, so nähern sie sich jedenfalls sehr den letzteren.

2) Zeitschr. d. D. g. Gesellsch. 1865, Taf. XI, Fig. 8.

3) Novak. Ueb. böhmische, Thüring., Greifenst. u. harzer Tentaculiten. Beitr. z. Palaeont. v. Mojsisovics u. Neumayr, 1882, II, H. 1 u. 2. S. 47.

4) Ib. S. 49.

5) Notes on the Annelida Tubicola. Quart. Journ. 1882. Aug. p. 377. Tentac. p. 385.

Die Anfangsspitze ohne Bläschen wird zuweilen auch auf den Gehäusen des *T. acuarius* (Novak, T. XII, Fig. 16) beobachtet.

2) Das Gehäuse des *Tentaculites* (?) *maximus* Ludw. hat, wie schon oben erwähnt wurde, ein deutliches Anfangsbläschen, obgleich es gar keine Längsrippchen zeigt.

3) Der den Tentaculiten sehr ähnliche Bau der *Styliola* Les. bei welcher die Anfangsspitze entweder abgestumpft, oder, wie wir weiter unten sehen werden, mit einem mehr oder weniger deutlichen Bläschen versehen ist zeigt, dass das Gehäuse bei sehr nahe stehenden Pteropoden-Arten ein ellipsoidisches oder abgestumpftes cylindrisches Ende haben kann.

Alles Obengesagte deutet darauf hin, dass der erwähnte Unterschied in der Anfangsspitze der Tentaculiten und bei den denselben nahestehenden Pteropoden nicht zu ihrer Eintheilung in Gruppen und Gattungen dienen kann, und sogar in einzelnen Fällen nur als individuelles Merkmal zu betrachten wäre.

In Folge des zeitgemässen Bestrebens der Naturforscher ein und dieselben Benennungen in allen Sprachen zu gebrauchen, könnte man statt Knötchen, verdicktes Jugendende, Anfangsbläschen, dilatation ovoide, renflement olivaire[1]) etc. die Benennung «nucleus» oder noch besser Embrionalnucleus anwenden die zur Bezeichnung ähnlicher embryonaler Theile anderer Molluskengehäuse dient[2]).

Tentaculites acuarius Richter.

(Fig. 1—5).

Tentacul. acuarius Richt. Zeitschr. der D. g. Ges. 1854, VI, S. 285, Taf. III, Fig. 3—9; 1865, XVII, S. 371, 1875, XXVII, S. 265.

T. longulus Barr. Déf. des Col. 1865, III, p. 41.

T. longulus Barr. Syst. silur. du centre de la Bohême III, 1867. Pteropodes, p. 133, pl. XIV, F. 30—32.

T. acuarius Kayser. Fauna d. ält. Devonallag. d. Harzes. Abh. z. geol. Specialkarte v. Preuss. 1878, II, H. 4, S. 112, Taf. XXXI, F. 1— 3.

T. acuarius Gümbel. Beschreib. d. Fichtelgebirges 1879, S. 461.

T. longulus Maurer. Neues Jahrb. f. Miner. etc. 1 Beil. B. 1880, H. 1, S. 35, Taf. II, F. 18.

T. acuarius Novak. Beitr. z. Paläont. Oesterreich-Ungarns 1882, II, H. 1—2, S. 53, 62, 65, 67, Taf. XII, Fig. 1—9 u. 11—25.

Gehäuse länglich spitzkegelförmig. Winkel am Spitzende schwankt zwischen 10° und 15°. Zunahme des Gehäuses an einigen Exemplaren gleichmässig, an andern geschieht die

---

1) Barrande nennt solche Embryonalbläschen bei den Ammoneen ovisac oder l'oeuf.

2) Die letzten Beobachtungen über die Schalenstructur der Tentaculiten finden sich in der obenangeführten Schrift von Vine (Q. J. 1882 Aug.) und in Devitz's «Bemerkungen über Tentaculiten». (Zeitschr. f. Naturwiss. d. Ver. f. Sachsen u. Thüring. Halle. 1883. S. 80).

Zunahme der Anfangspartie schneller, als die des übrigen Theiles, letzterer zuweilen sogar cylindrisch.

An der Anfangsspitze, die nur in seltenen Fällen zu beobachten ist, befindet sich ein deutlicher ellipsoidischer Embryonalnucleus.

Das Gehäuse fast bis an das Jugendende, das an den Nucleus anschliesst mit Querringen bedeckt. Diese Ringe sind an ihrem oberen Ende stets abgerundet und durch concave Zwischenräume getrennt, die entweder ebenso breit oder $2,2^1/_2$ seltener 3 mal breiter als die Querringe sind. Diese Verschiedenheit in der Breite der Zwischenräume bemerkt man nicht nur an verschiedenen Individuen, sondern auch an einem und demselben Exemplar. Auf dem mittleren Theile des Gehäuses sind die Zwischenräume nicht selten etwas breiter als in der Nähe der Mundöffnung; gegen die Anfangsspitze stehen die Querringe viel dichter und treten weniger hervor, so dass schliesslich auf dem Anfangstheile des Gehäuses, der an den Embryonalnucleus anschliesst, die Querringe, wie gesagt, ganz verschwinden und dieser Theil fast abgestumpft kegelförmig erscheint. Die Anzahl der Querringe auf 1 Millimeter Länge beträgt 3 bis 10 (auf der Anfangspartie); auf einer Länge gleich dem Durchmesser des Gehäuses variirt die Anzahl der Ringe zwischen $2^1/_2$ und 4.

Auch die Steinkerne sind der Aussenseite des Gehäuses entsprechend geringelt. Die Oberfläche des Gehäuses ist mit zahlreichen ziemlich scharfen Längsrippchen verziert, deren Anzahl um das Gehäuse herum bis 50 reicht. (Auf dem mittleren Theile des Gehäuses und in der Nähe der Mundöffnung befinden sich 40—56 Längsrippchen)[1]).

An der Anfangsspitze erscheinen die Längsrippchen ungefähr in einer doppelt geringen Anzahl, die sich fast plötzlich durch Einsetzung neuer Rippchen in den meisten Zwischenräumen (Fig. 3—5) vergrössert. Die Längsrippchen gehen ununterbrochen über die Querfurchen und Ringe hinweg, nur selten erscheint der obere Theil der letzteren glatt und zwar in Folge der mangelhaften Erhaltung des Gehäuses, wodurch die Längsrippen zuweilen auf dem grössten Theile oder sogar auf der ganzen Oberfläche des Gehäuses verschwinden können.

Solches beobachtet man, wenn das Gehäuse etwas verändert ist (vielleicht in Folge der Verwandlung der Arragonitsubstanz in Kalkspath), wobei seine glatte glänzende Oberfläche matt wird. Das Auftreten der Rippchen auf dem oberen Theile der Querringe zeigt, dass ihre Form ursprünglich abgerundet war und nicht in Folge der Abreibung der scharfen Kante entstanden ist. Auf den Steinkernen sind fast gar keine Spuren der Längsrippchen zu bemerken, nur auf einem Exemplar, das in Fig. 2 dargestellt ist, sind stellenweise sehr deutliche Rippchen zu sehen, während sie auf der matten Oberfläche des Gehäuses nicht erhalten sind. Die Anzahl der Rippchen ist sogar auf dem, von der Spitze entfernteren Theile ungefähr 24—26, d. h. ebenso gross wie man sie nur auf dem Jugendtheile anderer Exemplare beobachtet. Das Gehäuse ist sehr dünn.

---

1) In Fig. 1 sind die Längsrippchen in verhältnissmässig geringerer Anzahl angegeben als in der Wirklichkeit; in Fig. 3 und 4 viel schärfer und grösser als bei der angeführten Vergrösserung.

Dimensionen: Länge des Gehäuses 5, seltener 7 mm. Breite an der Mündung ungefähr 0,66 mm. und selten bis 1 mm.

Vergleichung. Von den typischen Thüringer *Tentaculites acuarius* unterscheidet sich die Uralsche Form: 1) durch die abgerundeten Querringe, die bei den Thüringer Exemplaren eine scharfe Kante haben; 2) glatten ungerringelten Theil des Gehäuses, welcher an die Anfangsspitze anschliesst; 3) durch die in den meisten Fällen viel weniger dicht stehenden Querringe und 4) wie es scheint auch durch die zahlreicheren Längsrippchen. Obgleich die Anzahl der letzteren auf verschiedenen Theilen eines und desselben Gehäuses variirt, so ist es nicht anzunehmen, dass die verschiedene Anzahl der Rippchen, auf die bei Beschreibung des *Tentaculites acuarius* aus verschiedenen Fundorten hingewiesen wurde, nur davon abhängt, dass dieselben entweder an dem breiteren oder spitzeren Theile des Gehäuses gezählt wurden. Der Unterschied ist zuweilen zu gross um diese Vermuthung gelten zu lassen und wenn er auch geringer erscheint, so lässt sich das nur dadurch erklären, dass die Anzahl der Rippchen um das ganze Gehäuse herum (20—24 Richter, bis 24 Kayser) mit der Anzahl auf der Hälfte desselben verglichen wurde (30—35 Novak d. h. 70 Rippchen auf dem ganzen Umfange des Gehäuses).

Von den böhmischen Exemplaren des *T. acuarius* (*T. longulus* Barr.), die in den Etagen Ff_2 und Gg_1 vorkommen, unterscheidet sich die uralsche Form durch dieselben Merkmale, wie von den Thüringer Individuen; die Anzahl der Längsrippchen ist bei den böhmischen und uralschen Tentaculiten fast gleich. Eine noch grössere Aehnlichkeit zeigen die in Rede stehenden uralschen Tentaculiten mit dem Tent. acuarius aus den Etagen G-g_2 und H-h_1 in Böhmen; sie zeichnen sich nur durch den abgerundeten oberen Theil der Querringe aus.

Von den Harzer Exemplaren, die von Kayser beschrieben worden sind, unterscheiden sich die Uralschen Tentaculiten wahrscheinlich nur durch die grössere Anzahl der Längsrippchen. Die Tentaculiten aus dem Greifensteinerkalk, die von Novak zu der in Rede stehenden Art (*T. longulus* Maur.) gerechnet werden, unterscheiden sich von den Uralschen hauptsächlich durch das Fehlen des glatten ungeringelten Theiles des spitzen Endes.

Was die andern Tentaculiten-Arten anbetrifft, so hat die beschriebene Uralsche Form eine verhältnissmässig grosse Aehnlichkeit mit *T. elegans* Barr., aber die rasche Zunahme des Jugendendes und die äusserst langsame des übrigen Theiles des Gehäuses (wobei seine Breite 2 mal grösser wird, als die Breite des *T. acuarius*) giebt dem Gehäuse des *T. elegans* ein ziemlich abweichendes Ansehen. Novak bemerkt, dass ausser dem ungeringelten Jugendende das Gehäuse des *T. elegans* starke stumpfkantig hervorragende Querringe zeigt. Auf den Exemplaren des unzweifelhaften *T. elegans*, die von Scharry dem Museum des Berginstituts zugesandt wurden und aus der Etage G-g_2 (Vavrovic mlyn na Radotinskem potoku) stammen, haben die Ringe eine scharfe Kante.

Diese Exemplare unterscheiden sich von den Uralschen:

1) durch die äussere Gestalt des Gehäuses, 2) grössere Breite, 3) stärker hervortretende Querringe, 4) scharfe Kante der letzteren, 5) stärkere und weniger zahlreiche

Längsrippen und 6) von dem grössten Theil der uralschen Individuen durch das Vorhandensein dieser Rippchen auf den Steinkernen. Ausserdem erscheinen die Längsrippchen nach den Beobachtungen Novak's auf gut erhaltenen Exemplaren und Abdrücken an den Kanten der Ringe knötchenförmig verdickt.

Es erscheint mir kaum zweifelhaft, dass *Tent. gracilistriatus* Hall[1]) aus der Hamilton-Gruppe in N. Amerika identisch ist mit dem *T. acuarius* und zwar mit seiner Varietät aus den Etagen $G-g_2$ und $H-h_1$ in Böhmen. Die Uebereinstimmung ist in sämmtlichen Kennzeichen eine vollkommene, selbst bis auf das Vorhandensein eines Embryonalnucleus («ovoid bulb»); unbekannt bleibt nur bei der amerikanischen Form die Anzahl der «longitudinalen Streifen», worunter eben wahrscheinlich auch Längsrippchen zu verstehen sind. Es dürfte sich vielleicht die uralische Form vom *T. gracilistriatus* bloss durch eine abgerundete Kante an den Querringen unterscheiden.

Aus allem Obengesagten ist auf diese Weise zu ersehen, dass die uralschen Exemplare des *T. acuarius* den böhmischen aus den Etagen G-g_2 und H-h_1, wie auch den Harzer Exemplaren am ähnlichsten sind. Von den letzteren zeichnen sie sich wahrscheinlich nur durch die grössere Anzahl der Längsrippchen aus, und von den böhmischen durch den abgestumpften oberen Theil der Querringe. Folglich kann man die uralsche Form als Mittelform zwischen den erwähnten Tentaculiten vom Harz und aus Böhmen betrachten.

Wenn man in Betracht zieht, dass bei den längsberippten Tentaculiten die Anzahl dieser Rippen auf den, an einem und demselben Orte auftretenden Individuen, in ziemlich weiten Gränzen variirt und auch mit dem zunehmenden Alter sich verändert, so kann man diesem Merkmal keine wichtige Bedeutung bei Bestimmung der Arten der in Rede stehenden Pteropoden beilegen. Dasselbe gilt auch für das zweite obenangeführte Merkmal, da die grössere oder geringere Abrundung oder Zuschärfung der Querringe, nicht nur an verschiedenen Individuen, sondern auch auf verschiedenen Theilen eines und desselben Gehäuses sehr verschieden hervortritt. Daher zweifle ich nicht daran, dass die uralschen Tentaculiten zu *T. acuarius* gehören. Auch das in Fig. 2 abgebildete Exemplar kann, wie mir scheint, von dieser Art nicht getrennt werden, obgleich es eins von jenen Merkmalen (das Vorhandensein der Längsrippchen auf dem Steinkern) besitzt, das den *T. elegans* von *T. acuarius* unterscheidet; es ist eher anzunehmen, dass hier dieses Merkmal nur ein individuelles ist. Auf der inneren Fläche des Gehäuses entsprechen den Längsrippchen ziemlich deutliche Furchen. Die Rippchen selbst treten nicht nur an verschiedenen Individuen, sondern auch an einem und demselben Exemplare in verschiedenem Grade deutlich hervor und zwar ist dabei dieser Unterschied nicht durch den verschiedenen Erhaltungszustand zu erklären.

So kann man die Spuren der Längsrippchen auf den uralschen Exemplaren entweder an sehr gut ausgebildeten Steinkernen beobachten oder wenn die Rippchen und folglich auch die denselben entsprechenden Furchen stärker hervortreten. Mit diesen Ursachen hängt unter

1) J. Hall. Palaeontology of New York, V, part II, p. 173, pl. XXXI a. XXXI A, f. 37—47.

Andern nicht immer das Vorhandensein der Rippchen auf der ganzen Oberfläche des Steinkernes zusammen, wie man das z. B. auf dem Exemplare in Fig. 2 bemerken kann. Was die geringe Anzahl der Rippen auf dem Steinkerne dieses Exemplars anbetrifft, so erscheint sie an dem Jugendende normal; auf dem übrigen Theile des Gehäuses sind die Rippchen vielleicht in geringerer Anzahl vorhanden gewesen, als gewöhnlich oder die neuen Rippchen, die beim Wachsthum der Schale durch Einschiebung zwischen den bereits vorhandenen erschienen, hinterliessen keine Spuren auf dem Steinkerne.

Fundort: *T. acuarius* findet sich am Ural in der obenbeschriebenen Entblössung beim Kirchdorfe Pokrowskoje, im rothen Kalksteine zusammen mit andern Pteropoden-Resten, Trilobiten, Goniatiten, Orthoceratiten u. a.

Tentaculites cf. intermedius Barr.

(Fig. 24).

Tentaculites intermedius Barr. Syst. silur. d. l. Boh. III, Pteropodes p. 132, pl. 14. fig. 33—35.

Tentacul. intermedius Nov. Tentaculiten. Beiträge z. Paläontologie Oester. Ungarns, II, 1882, S. 58, T. XIII, F. 21—26.

Hierher gehört wahrscheinlich nur ein Exemplar, welches mit der vorhergehenden Art zusammen gefunden wurde. Beide Enden sind abgebrochen. Der Wachsthumswinkel am schmalen Ende des Gehäuses etwas grösser, als gegen die Mündung desselben. Die kaum hervortretenden Querringe sehr selten und ungleichmässig vertheilt; einige nur auf einer Seite des Gehäuses zu bemerken. An einer Stelle erscheint eine schwache ringförmige Vertiefung. Von den Längsrippchen keine Spur.

Dimensionen. Länge 3,2 mm., die grösste Breite 0,54 mm.

Vergleichung. Die böhmischen Exemplare des *T. intermedius* sind cylindrischer, als der obenbeschriebene Tentaculit, obgleich der Wachsthumswinkel des Gehäuses variirt und zuweilen, wie man z. B. aus der Abbildung Barrande's (Taf. 14, Fig. 35) ersehen kann, verhältnissmässig gross ist. Nach den abgebildeten böhmischen Exemplaren, die von Novak angeführt werden, sind die Querringe viel stärker und zahlreicher. Ausserdem ist das Gehäuse der in Rede stehenden Art mit Längsrippchen bedeckt, die auf unserem Exemplar als auch bei den von Barrande untersuchten Individuen nicht erhalten sind.

Das Exemplar, welches in Fig. 23 abgebildet ist, gehört vielleicht auch zu *T. intermedius*. Auf dem erhaltenen Theile des Gehäuses bemerkt man sehr schwache, etwas schiefe ringförmige Vertiefungen. Der Steinkern ist ganz glatt, das Gehäuse fast cylindrisch mit einem kleinen Wachsthumswinkel. Die Länge des an beiden Enden abgebrochenen Exemplars beträgt 4 mm., die grösste Breite — 0,48 mm. Findet sich zusammen mit der vorhergehenden Art.

Tentaculites sp. indeterm.

(Fig. 6.)

Fand sich in einem Exemplar und zwar als Steinkern mit zum Theil erhaltener Schale, die von der Innenseite zu sehen ist.

Der Wachsthumswinkel des Gehäuses ist am Ende grösser als am übrigen Theil. Die ziemlich regelmässig vertheilten Querringe sind kaum sichtbar namentlich auf dem Steinkerne. Auf dem Gehäuse erscheinen ungefähr 24 Längsrippchen, die auch auf dem Steinkerne (Fig. 6.) stellenweise zu bemerken sind.

Dimensionen: Länge auf beiden Seiten des abgebrochenen Exemplars 2 mm., die grösste Breite 0,6 mm.

Vergleichung. Der beschriebene Tentaculites unterscheidet sich von *T. acuarius* Richt. und *T. elegans* Barr. hauptsächlich durch die kaum bemerkbaren Querringe und von *T. intermedius* Barr., durch die starken Längsrippchen, die auch auf dem Steinkerne sichtbar sind.

Fundort: Im rothen Kalksteine bei dem Kirchdorfe Pokrowskoie zusammen mit *T. acuarius* u. a. organischen Resten.

Tentaculites sp. indeterm.

(Fig. 7 und 8.)

Das einzige Exemplar dieser Form, das mit den oben beschriebenen Tentaculiten zusammen gefunden wurde, stellt ein gleichmässig anwachsendes Gehäuse dar, dessen Wachsthumswinkel ungefähr 7° beträgt.

Die Querringe und ihre Zwischenräume sind sehr schmal, auf einer Länge von 1 mm. befinden sich 18—19 Ringe. Die Längs- und Querrippchen sind (vielleicht in Folge des ungenügenden Erhaltungszustandes des Gehäuses) nicht zu bemerken. Die Spitze des Gehäuses ist unbekannt.

Dimensionen. Länge des Gehäuses 3,2 mm., die grösste Breite 0,4 mm.

Fundort: Pokrowskoie.

Vergleichung. Die beschriebene Art ist dem devonischen *Tentaculites tenuicinctus* Roem. am ähnlichsten, und zeichnet sich durch schwächere, aber zahlreichere Querringe aus. Nach der grossen Anzahl dieser Ringe und allgemeinen Gestalt des Gehäuses nähert sich die uralsche Form dem *T. multiannulatus* Vine aus den Wenlockschichten Englands, doch ist das Gehäuse der letzteren Art bedeutend grösser.

Tentaculites orientalis n. sp.

(Fig. 20, 21 u. 22.)

Die Schale ist nicht erhalten, aber von ihrer Form kann man sich eine ziemlich genaue Vorstellung nach den Abdrücken und Steinkernen machen, die fast immer zusammen vorkommen (Fig. 20.)

Der Wachsthumswinkel ist in allen Wachsthumsperioden constant und sehr klein, ungefähr 4°, so dass die einzelnen kleinen Theile des Gehäuses cylindrisch erscheinen.

Die stark hervortretenden Querringe stehen sehr dicht. Dem unbewaffneten Auge erscheinen sie als Querstreifung. Die Ringe haben eine gerundete selten winklige Form und werden durch gerundet concave Zwischenräume von derselben oder fast gleichen Dicke getrennt. Auf einen Theil des Gehäuses gleich dem Diameter desselben kommen 4, seltener 5 Querringe. Zuweilen sind die Ringe nicht so gleichmässig vertheilt. An der Mündung einiger Exemplare verdoppelt sich plötzlich die Anzahl der Querringe wie durch Theilung eines jeden Ringes in zwei Querringe. Quer- und Längsrippchen sind gar nicht vorhanden. Der Steinkern ist fast immer glatt, ohne Querringe und erscheint cylindrisch. Nur in sehr seltenen Fällen bemerkt man auf den Steinkernen stellenweise Spuren von sehr undeutlichen Querringen.

Dimensionen. Folgende Messungen geben eine Vorstellung von den Dimensionen des Gehäuses der in Rede stehenden Art:

Länge	6 mm.		7 mm.	6,5 mm.
Breite	0,3 mm.	0,6 mm.	0,4 mm.	0,33 mm.
Anzahl der Querringe auf einem Gehäusetheile gleich dem Diameter desselben	4 mm.	5 mm.	4,5 mm.	4 mm.

Vergleichung. Von allen bekannten Tentaculiten, sind die oberdevonischen Formen *T. tenuicinctus* Roem. (Palaeont. III. S. 28, Taf. IV. Fig. 19. Sandberger Verst. Nassau. Taf. XXI. Fig. 13) und *T. gracillimus* Sandb. (Ibid. Taf. XXI. Fig. 14.) der oben beschriebenen Art am ähnlichsten. Die erstere Form unterscheidet sich durch eine geringere nicht über 3 mm. erreichende Grösse, zweimal breitere Zwischenräume als die Querringe und einen grösseren Wachsthumswinkel. Bei der zweiten, von den Brüdern Sandberger beschriebenen Art ist die Form der Querringe und ihre Anzahl gar nicht berücksichtigt worden. Diese Art scheint der obenbeschriebenen Form sehr ähnlich zu sein, die letztere hat aber bedeutend geringere Dimensionen.

Fundort. In den Zwischenlagen des dolomitartigen Kalksteines im Thonschiefer des devonischen Systems am Fluss Kamenka im Kreise Kamyschlow. Mit dieser Form finden sich Steinkerne und Abdrücke von *Rhynchonella acuminata* Mart. u. a.

Styliola Lesueur.

Die kleinen nadelförmigen palaeozoischen Pteropoden-Gehäuse, welche Ludwig von den Tentaculiten zu trennen und zu dem jetzt lebenden Geschlecht *Styliola* zu rechnen vorschlug, wurden bis zur letzten Zeit gewöhnlich mit einer scharfen Anfangsspitze dargestellt und beschrieben.

Richter bemerkte zuerst, dass das Jugendende der Gehäuse der von ihm aufgestellten Art *St. laevis* von Innen abgestumpft erscheint[1]). In den folgenden Beschreibungen und Abbildungen wurde trotzdem das Gehäuse der *Styliola* mit einer scharfen Anfangsspitze dargestellt. Hall hat zuerst einen einfach abgestumpften oder «bulbiform» versehenen *Apex* an americanischen palaeozoischen Styliolen beobachtet[2]). In der obencitirten Arbeit Novak's finden wir, dass das Jugendende des Gehäuses bei allen von ihm untersuchten palaeozoischen Styliolen eine mehr oder weniger abgestumpfte Anfangsspitze hat; doch ist von diesem Gelehrten nie ein deutlich entwickeltes Anfangsbläschen beobachtet worden[3]). Dagegen habe ich bei meinen Untersuchungen der uralschen Styliolen in allen Fällen, wo die Anfangsspitze beobachtet werden konnte, dieselbe aus dem Embryonalnucleus bestehend gefunden, der zwar nicht so scharf entwickelt ist, als z. B. bei einigen der oben beschriebenen Tentaculiten, aber jedenfalls ganz deutlich hervortritt. Auf diese Weise erscheinen im Allgemeinen die palaeozoischen Styliolen nach dem Bau des Jugendendes den Tentaculiten ähnlich.

Es ist noch zweifelhaft, ob die palaeozoischen Formen, die zu *Styliola* gerechnet werden, zu einem und demselben Geschlecht mit den jetzt lebenden Pteropoden gehören, denen Lesueur den oben citirten Gattungsnamen gegeben hatte. Die Eigenthümlichkeiten der palaeozoischen Styliolen, die sie im Vergleich mit den jetzt lebenden darstellen sind schon von Novak erwähnt. Zu Gunsten der Gattungsunterschiede der palaeozoischen und jetzt lebenden Styliolen spricht auch einestheils die geologische und chronologische Trennung derselben, obgleich freilich dieser Umstand auch unseren mangelhaften Kenntnissen zugeschrieben werden könnte. Bei dem einfachen Bau des Gehäuses, welches z. B. bei der in Rede stehenden Gattung beobachtet wird, wäre es möglich, dass die Gehäuse der ziemlich abweichenden Organismen eine grosse Aehnlichkeit besitzen würden. Die Gehäuse der jetzt lebenden Styliolen unterscheiden sich zuweilen von den palaeozoischen durch solche Merkmale, die wahrscheinlich mit wichtigen Unterschieden in der Organisation dieser Pteropoden in Zusammenhang stehen.

Die späteren Untersuchungen werden wahrscheinlich noch einige Merkmale der jetzt

1) Zeitschr. d. D. g. Gesellsch. XIII. 1865. S. 371.
2) Palaeont. of N. York, V, II, 178.
3) Novak. Tentaculiten. S. 51.

lebenden und palaeozoischen Styliolen nachweisen, doch halte ich es schon jetzt für zweckentsprechend, eine neue Gattung *Styliolina* aufzustellen, die man in folgender Weise characterisiren kann:

Gehäuse klein, nadelförmig, länglich konisch, gerade oder schwach gebogen mit kleinem nicht selten ungleichmässigen Wachsthumswinkel. Querschnitt rund. Mündung rund, die Seitenwände derselben, die senkrecht zur Längsaxe des Gehäuses stehen, von gleicher Länge, ohne Ausschnitt oder stachelförmige Fortsätze. Die Anfangsspitze stumpf abgerundet oder mit einem Embryonalnucleus versehen.

Die Oberfläche des Gehäuses glatt, glänzend, ganz sculpturlos oder mit Längsstreifen bedeckt. Nur bei Vergrösserung bemerkt man zuweilen auf der Oberfläche sehr schwache quer verlaufende Anwachsstreifen.

Von Tentaculites unterscheidet sich das Gehäuse der in Rede stehenden Gattung durch das Fehlen der Querringe und den Character der Sculptur der Gehäuse, die zuweilen mit Streifen und nicht mit Rippchen wie bei Tentaculites bedeckt sind; bei dem letzteren wurden die Längs- und Querrippchen gewöhnlich irrthümlicher Weise als Streifen bezeichnet.

Styliolina unterscheidet sich zuweilen von *Styliola* durch die Form der Anfangsspitze des Gehäuses, Fehlen der Längsfurchen und dornförmigen Fortsätze der Schale am runden Mündungsrande. Bei den echten Styliolen sind auch keine Längsstreifen bemerkt worden.

Wenn es sich einmal in der That erweisen sollte, dass die hier betrachteten Pteropoden dem jetzt lebenden Geschlecht angehören, so dürfte es sich am zweckmässigsten erweisen, dieses Genus, wie das von einigen Autoren bereits geschieht, in zwei Gattungen: *Styliola* und *Creseis* Rang zu trennen, von denen das letztere die palaeozoischen Formen umfassen würde.

Die zur Gattung *Styliola* gehörenden Reste waren bis jetzt in Russland noch nicht gefunden worden.

Styliola nucleata n. sp.

(Fig. 15 — 19.)

Das kleine glänzende Gehäuse dieser Art zeigt gewöhnlich an der Anfangsspitze ein rascheres Wachsthum als an der Mündung, wo das Gehäuse nicht selten sogar cylindrisch wird. Zuweilen ist das Gehäuse regelmässig konisch. Der Gehäusewinkel ist sehr verschieden und variirt zwischen 7°—12°, selten bis 15°. Die Anfangsspitze hat einen deutlichen nicht sehr scharf getrennten Embryonalnucleus.

Die gegebene Zeichnung stellt den stark vergrösserten Embryonalnucleus des in Fig. 19. abgebildeten Exemplars noch einmal dar, da der Nucleus in der Wirklichkeit schärfer getrennt ist, als auf der citirten Abbildung.

Das Gehäuse erscheint (wie man das aus den mikroskopischen Präparaten des Längs- und Querschnittes ersehen kann), der ganzen Länge nach

mit Einschluss des Nucleus vollständig hohl, wobei die Schale überall von gleicher Dicke ist. Das Gehäuse ist ganz glatt ohne jegliche Sculptur.

Dimensionen. Die untenangeführten Messungen dienen als Beispiele der veränderlichen Dimensionen der Gehäuse der *St. nucleata*.

	Fig. 18.	Fig. 15.	Fig. 17.	Fig. 19.
Länge des Gehäuses	4 mm.	3,5 mm.	6 mm.	2 mm.
Breite an der Mündung	0,64 mm.	0,56 mm.	0,6 mm.	0,5 mm.
Wachsthumswinkel an der Spitze	11°	7°	5°	12°
» in d. Mitte d. Gehäuses	4°	f. cylindr.	5°	
» an der Mündung			cylindr.	
Dicke der Schale	0,03 mm.	»	»	

Alle sculpturlosen palaeozoischen Styliolen oder Styliolinen sind im Allgemeinen unter einander sehr ähnlich. Von der grösstähnlichsten *St. laevis* Richt. zeichnet sich die uralsche Form nur durch das Vorhandensein des Embryonalnucleus aus, so dass wenn später bei der typischen *St. laevis* der Nucleus nachgewiesen sein wird, können beide Arten für identisch erklärt werden. Nach den liebenswürdigen brieflichen Mittheilungen des Herrn Prof. Em. Kayser, der einige Exemplare der *St. laevis* aus der Richterschen Sammlung untersucht hatte, ist am spitzen Ende derselben eine Anschwellung nicht zu beobachten. Das angeführte Merkmal unterscheidet die *St. nucleata* auch von *St. clavulus* Barr., deren Gehäuse ausserdem noch an der Anfangsspitze etwas gebogen und mit feinen Wachsthumstreifen bedeckt ist, die bei der uralschen Form nicht zu bemerken sind.

Von vielen Exemplaren der typischen *St. fissurella* Hall (aus der Hamilton-Gruppe) und von einigen Varietäten dieser Species unterscheidet sich die uralsche Form leicht durch die ihr mangelnde Quer- und Längsfurchung; sie lässt sich aber kaum von solchen Exemplaren unterscheiden, an denen von J. Hall eine Streifung nicht beobachtet wurde. Die Fig. 19 abgebildete breite Form der *St. nucleata* ist vielleicht identisch mit *St. obtusa* Hall.

Fundort. Findet sich zahlreich im röthlichen Kalksteine des Kirchdorfes Pokrowskoie (im Kreise Irbit) in Begleitung von Trilobiten, Goniatiten, Orthoceratiten, des oben beschriebenen Tentaculiten u. a.

Hyolithes Eichwald.

Hyolithes Uralicus n. sp.

(Fig. 9—14.)

Das kleine pyramidale Gehäuse dieser Art ist ganz gerade, an Breite gleichmässig zunehmend, wobei der Wachsthumswinkel ungefähr 13° ist.

Die breite oder hintere Seite erscheint als ein hohes gleichschenkliges flaches und bei

unbewaffnetem Auge fast glattes Dreieck; unter der Lupe oder bei geringer Vergrösserung unter dem Mikroskop bemerkt man auf dieser Seite sehr zarte geradlinige Querstreifen, die bald stärker, bald schwächer hervortreten.

Die hintere Seite vereinigt sich mit den schmalen oder vorderen Seiten durch abgerundete Kanten; die vorderen Seiten sind nicht vollständig beobachtet worden[1]). Sie sind etwas convex und wie es scheint, durch eine abgerundete Kante verbunden, so dass der Querschnitt des Gehäuses höchst wahrscheinlich einen dreieckigen Umriss mit gerundeten Ecken, zwei kleinen und gleichen convexen Seiten und einer grossen geraden Seite darstellt.

Die vorderen Seiten des Gehäuses sind mit sehr feinen, nur unter der Lupe bemerkbaren Längsrippchen bedeckt. Diese Rippchen, die bei schwacher Vergrösserung als Streifen erscheinen, bedecken auch die Kantenwinkel, die an die grosse Seite des Gehäuses anschliessen, so dass sie schon zu beiden Seiten derselben zu sehen sind. Der Deckel des Gehäuses ist unbekannt.

Dimensionen: Länge des Gehäuses = 13,5 mm., Breite an der Mündung 3 mm. Gehäuse bemerkenswerth dünn; in der Nähe der Mündung ist die Dicke, die unter dem Mikroskop recht gut gemessen werden konnte, weniger als 0,1 mm. (fast gleich 0,05 mm).

Vergleichung. Der Gestalt nach erinnert der *Hyolithes uralicus* an diejenigen Varietäten des *H. simplex* Barr., bei welchen die grosse Seite abgeflacht ist; *H. simplex* hat aber, wie bekannt, eine glatte Oberfläche, auf welcher nur sehr selten schwache Anwachsstreifen zu sehen sind. Nach dem Character der Verzierungen, die auf der grossen und den kleinen Seiten des Gehäuses verschieden sind, ist unsere Art dem *H. obvius* Barr. ähnlich und unterscheidet sich von dem letzteren: 1) durch einen kleineren Wachsthumswinkel, 2) flache grosse oder hintere Seite und 3) durch die Geradlinigkeit der Querstreifen, die diese letztere Seite bedecken, während bei *H. obvius* die Streifen gegen die Mündung convex sind.

Fundort: *H. uralicus* fand sich bei Pokrowskoie im rothen Kalksteine mit Trilobiten, Goniatiten, Orthoceratiten, Tentaculiten u. a.

Tentaculites acuarius stellt, wie schon Novak bemerkt hatte, eine der verbreitetsten Formen der palaeozoischen Pteropoden dar. Gegenwärtig sind noch einige andere palaeozoische Tentaculiten bekannt, die auch sehr verbreitet sind, wie z. B. *Tent. ornatus* Sow., *T. annulatus* Schloth., *T. anglicus* Salt., die in den silurischen Ablagerungen am Dniester und in den baltischen Provinzen gefunden wurden, oder *T. tenuicinctus* Roem., der im Osten bis zum Timan-Gebirge und Westabhange des Urals verbreitet ist.

---

1) Im Gestein ist ein vollständiges Exemplar eingeschlossen, aber in Folge der zarten Schale konnte es nicht ganz aufgedeckt werden.

Das Vorkommen der europäischen Tentaculiten wurde auch in Nord-Amerika und in Süd-Afrika nachgewiesen, aber die darüber vorhandenen Mittheilungen sind, wie schon Barrande bemerkt[1]), noch zweifelhaft. Mit der Entdeckung des *T. acuarius* auf der asiatischen Seite des Urals ist diese Form, wofern ihre Identificirung mit dem *T. gracilistriatus* Hall statthaft erscheint, nicht nur als der verbreitetste Repräsentant dieser Gattung, sondern aller palaeozoischen Pteropoden überhaupt anzusehen.

Die Beziehungen unter den Varietäten des *T. acuarius* aus verschiedenen Gegenden erscheinen sehr interessant. Leider ist bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse dieser Tentaculiten, die Frage sehr schwer zu lösen, welche von ihren Veränderungen als Varietät oder Mutation anzusehen sind. Wenn man von der Verbreitung des *T. acuarius* in den Ablagerungen von Central-Böhmen ausgeht, so muss man für die Stammform die in den Etagen f_2 und g_1 vorkommende Varietät mit zahlreichen Querringen ansehen und für die zweite Form, die Varietät aus den Etagen g_2 und h_1, die mit wenigen zahlreichen Ringen und ungeringeltem glatten Spitzende versehen sind. Von Interesse ist das Vorkommen der Zwischenform der böhmischen Varietäten oder Mutationen im Greifensteiner Kalkstein. Die Tentaculiten dieses Kalksteines, der von Prof. Koch zu den oberen Schichten des Unterdevon gerechnet wird, können nicht in chronologischer Beziehung als Zwischenformen angesehen werden, obgleich sie vielleicht in der That die Reste einer Uebergangsform darstellen, die ausserhalb Central-Böhmens längere Zeit existirt hat.

Die Thüringer Tentaculiten entsprechen nach den Untersuchungen Novak's ganz den älteren böhmischen Mutationen. Die Harzer Form nähert sich sehr der neuen böhmischen Varietät. Es ist bemerkenswerth, dass die Zwischenformen zwischen den Tentaculiten dieser Länder (die verhältnissmässig nicht weit von einander entfernt sind) nach den gedruckten Angaben in Europa einstweilen unbekannt sind, aber auf der asiatischen Seite des Urals gefunden wurden. Alles das weist darauf hin, dass unsere Kenntnisse über die Verbreitung der in Rede stehenden Art noch sehr mangelhaft sind.

Oben wurde bereits erwähnt, dass beim Wachsthum des Gehäuses des *T. acuarius*, die Anzahl der Längsrippchen sich durch Einschiebung von neuen Rippchen zwischen den ältesten vergrössert. Dasselbe hat Novak auch in Betreff des *T. elegans* Barr. und *T. intermedius* Barr. bemerkt. Auf Grund dieser Beobachtungen kann man annehmen, dass eine solche Art der Vergrösserung der Anzahl der Längsrippchen bei allen Tentaculiten stattfindet, deren Gehäuse die in Rede stehende Sculptur besitzt.

Das ungenügende Material, welches am Ural gesammelt wurde, gestattet bis jetzt noch nicht die Indentität des uralschen Exemplar's des *T. cf. intermedius* mit der typischen böhmischen Form nachzuweisen. Falls sich diese Identität bestätigt, so wird der *T. intermedius* Barr. auch als eine sehr verbreitete Art gelten können[2]).

1) Syst. sil. Pteropodes p. 113 et 117.

2) Es ist nicht unmöglich, dass *Styliola fissurella* var. *intermittens* Hall sich mit *Tent. intermedius* als identisch erweist.

Die palaeozoischen Pteropoden der Gattung *Styliola* sind bis jetzt nur in West-Europa und N. Amerika gefunden worden. Hiezu kommt nunmehr ein dritter Ort, an der Westgrenze Asiens.

Schliesslich bleibt noch zu bemerken, dass die Ablagerungen, die die oben beschriebenen Pteropoden führen, ungeachtet ihrer deutlichen klastischen Gesteine, den organischen Resten zu Folge als Tiefseebildung betrachtet werden müssen [1]). In diesen Gesteinen finden sich nämlich zahlreiche Reste schwimmender pelagischer Formen, wie Goniatiten, Orthoceratiten und verschiedene Pteropoden, kleine zarte Brachiopoden und Gasteropoden - Schalen, verzweigte feine Bryozoen als auch Crinoideen und Trilobiten. Die Reste der Lamellibranchiaten fehlen vollständig. Obgleich in der That die Ansammlung des Trümmermaterials der Gesteine durch die mechanische Fortbewegung entstanden ist, doch blieb wahrscheinlich dieses Material nach Niederschlag desselben auf dem Meeresgrunde im ruhigen Zustande. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, das die zarten spröden Schalen der Pteropoden und andern Mollusken, wie auch der Bryozoen oft nicht nur ihre Form, sondern auch ihre feinste Sculptur erhalten haben und überhaupt an den Fossilien der in Rede stehenden Schichten selten solche Veränderungen wahrzunehmen sind, welche durch Reibung entstanden sein könnten.

---

1) Vergl. Th. Fuchs. Abhandlung über die Tiefseebildungen. Neues Jahrb. 1883. II. Beil. B. S. 487.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. *Tentaculites acuarius* Richt. mit deutlichen zahlreichen Längsrippchen auf dem breiten Theile des Gehäuses. 20 Mal vergröss. Aus dem Kalkstein von Pokrowskoje im Irbitschen Kreise (Ost Abh. v. Ural).

Fig. 2. *Tentaculites acuarius* mit ungeringelter Anfangsspitze und deutlichem Embryonalnucleus. Das umgewandelte Gehäuse ist matt. Der Steinkern deutliche nicht sehr zahlreiche Längsrippchen zeigend 20 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 3. Fast vollständiges Exemplar mit deutlichen zahlreichen Längsrippchen, ungeringelter Spitze und gut erhaltenem Embryonalnucleus. Auf dem schmalen Theile der Schale sieht man, dass die Längsrippchen sich durch Einschiebung neuer Rippchen zwischen den bereits bestehenden vermehren. 20 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 4. 50 Mal vergrösserter schmaler Theil desselb. Exempl. die Einschiebung der Längsrippchen zeigend.

Fig. 5. Breiter Theil desselb. Exempl. 50 Mal vergr.

Fig. 6. *Tentaculites sp. indet.* Steinkern mit kaum bemerkbaren Querringen und Längsrippchen. 20 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 7. *Tentaculites sp. indet.* 30 Mal vergr. Aus Pokrowskoje.

Fig. 8. Stark vergr. Partie des Exempl. Fig. 7.

Fig. 9. *Hyolithes uralicus* Karp. Natürl. Grösse. Ebendaher.

Fig. 10. 11. Dasselbe Exemplar. 3 Mal vergröss.

Fig. 12. Restaurirter Querschnitt desselben Exempl. 3 Mal vergr.

Fig. 13. 6 Mal vergrösserte Partie der gr. Seite des Exemplars Fig. 9 mit unregelmässig vertheilten Anwachsstreifchen und longitudinalen Rippchen.

Fig. 14. Stark vergröss. Theil der Oberfläche der kleinen Seite des Exempl. Fig. 9 mit Längsrippchen. 30 Mal vergröss.

Fig. 15. *Styliola nucleata* Karp. Steinkern mit Embryonalnucleus. Schale theilweise erhalten. 17 Mal vergr. Pokrowskoje.

Fig. 16. Längsschnitt der Schale der *St. nucleata* im Gesteinsdünnschliffe. Deutlicher vollständig hohler Embryonalnucleus. 17 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 17. Exemplar ohne Anfangsspitze mit fast vollständig erhaltener Schale. 12 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 18. Längsschnitt eines vollständig erhalt. Exemplars (im Gesteinsdünnschliffe) mit Embryonalnucleus. 17 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 19. Seltene breite conische Varietät mit gut erhaltenem Mundrande. Embryonalnucleus auf dem Exemplar viel deutlicher, als auf der Zeichnung. 20 Mal vergr. Ebendaher.

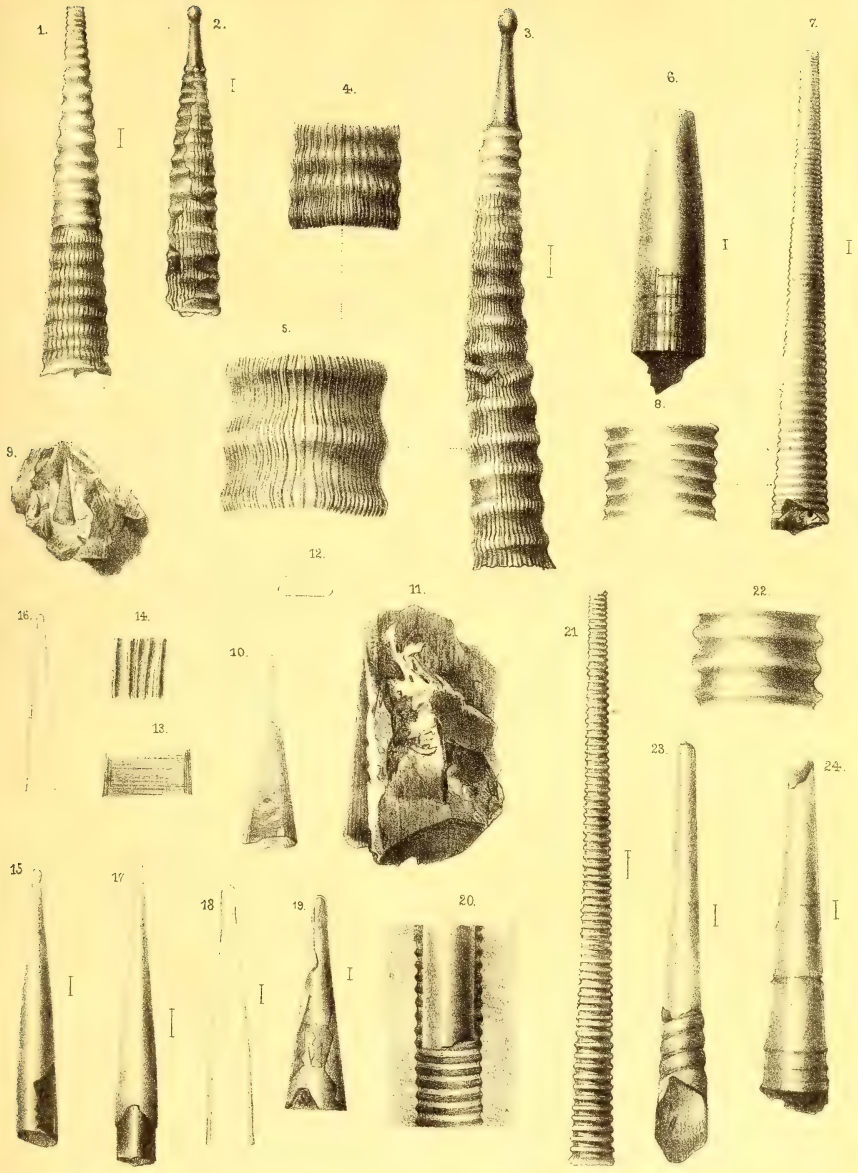
Fig. 20. *Tentaculites orientalis* Karp. Abdruck der Schale mit glattem cylindrischen Steinkerne; letzterer nur theilweise Spuren von Querringen zeigend. 40 Mal vergr. Aus den Devonschichten von Kamenka (Kreis Kamischloff).

Fig. 21. Ein nach Guttapertscha- und Stearin-Abdrücken restaurirtes Exemplar. 20 Mal vergr. Ebendaher.

Fig. 22. 50 Mal vergr. restaurirter Theil des Gehäuses desselben Exemplars.

Fig. 23. *Tentaculites sp.* Steinkern mit erhaltener Schale; am breiten Ende zeigen die Querfurchen eine Neigung zur Axe des Gehäuses. Diese Furchen sind auf dem Originalexemplare nicht so deutlich. 20 Mal vergr. Aus dem Kalksteine von Pokrowskoje.

Fig. 24. *Tentaculites cf. intermedius* Barr. Exemplar mit undeutlichen Querringen und Querfurchen. 20 Mal vergr. Pokrowskoje.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15
16.
17
18
19.
20.
21
22.
23.
24.

Ouvrages paléontologiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences.

T. VI, № 2. **Volborth, A. v.** Ueber die mit glatten Rumpfgliedern versehenen russischen Trilobiten, nebst einem Anhange über die Bewegungsorgane und über das Herz derselben. 1863. Mit 4 lith. Taf. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. VIII, № 9. **Volborth, A. v.** Ueber einige neue Ehstländische Illaenen. 1864. Mit 2 lith. Taf. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVI, № 2. **Volborth, A. v.** Ueber Achradocystites und Cystoblastus, zwei neue Crinoideen-Gattungen, eingeleitet durch kritische Betrachtungen über die Organe der Cystideen. 1870. Mit 1 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 11. **Brandt, A.** Ueber fossile Medusen. 1871. Mit 2 Taf. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. XIX, № 3. **Schmidt, F.** Ueber die Petrefacten der Kreideformation von der Insel Sachalin. 1873. Mit 8 Taf. Abbildungen. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

T. XXI, № 2. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. I. Ueber die russischen silurischen Leperditien, mit Hinzuziehung einiger Arten aus den Nachbarländern. 1873. Mit 1 Taf. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 11. **Schmidt, F.** Miscellanea Silurica. II. Ueber einige neue und wenig bekannte baltisch-silurische Petrefacten. 1874. Mit 4 Taf. Abbildungen. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXII, № 12. **Heer, O.** Beiträge zur Jura-Flora Ostsibiriens und des Amurlandes. 1876. Mit 31 Taf. Pr. 5 R. 50 K. = 18 Mk. 30 Pf

T. XXIV, № 8. **Pahlen, A. v. d.** Monographie der baltisch-silurischen Arten der Brachiopoden-Gattung Orthisina. 1877. Avec 4 pl. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXV, № 6. **Heer, O.** Beiträge zur fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 7. **Heer, O.** Primitiae florae fossilis Sachalinensis.—Miocäne Flora der Insel Sachalin. 1878. Avec 15 pl. Pr. 3 R. 20 K. = 10 Mk. 70 Pf.

№ 9. **Möller, V. v.** Die spiral-gewundenen Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1878. Avec 15 pl. Pr. 2 R. 50 K. = 8 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 4. **Schmalhausen, J.** Beiträge zur Jura-Flora Russlands. 1879. Avec 16 pl. Pr. 2 R. 20 K. = 7 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Möller, V. v.** Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1879. Avec 7 pl. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

№ 10. **Heer, Prof. Dr. Osw.** Nachträge zur Jura-Flora Sibiriens gegründet auf die von Herrn Richard Maak in Ust-Balei gesammelten Pflanzen. 1880. Mit 9 Tafeln. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

T. XXVIII, № 5. **Nikitin S.** Die Jura-Ablagerungen zwischen Rybinsk, Mologa und Myschkin an der oberen Wolga. 1881. Mit 7 Tafeln. Pr. 1 R. 40 K. = 4 Mk. 70 Pf.

№ 8. **Kiprijanoff, W.** Studien über die fossilen Reptilien Russlands. I. Theil. Gattung Ichthyosaurus König aus dem Severischen Sandstein oder Osteolith der Kreide-Gruppe. 1881. Mit 19 Tafeln. Pr. 2 R. 45 K. = 8 Mk. 20 Pf.

T. XXX, № 1. **Schmidt, F.** Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Uebersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abtheilung I. Phacopiden, Cheiruriden und Encrinuriden. 1881. Mit 16 Tafeln. Pr. 4 R. 50 K. = 15 Mk.

№ 6. **Kiprijanoff, W.** Studien über die fossilen Reptilien Russlands. II. Theil. Gattung Plesiosaurus Conybeare aus dem Severischen Sandstein oder Osteolith der Kreide-Gruppe. 1882. Mit 19 Tafeln. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. XXXI, № 5. **Schmidt, Fr.** Miscellanea Silurica. III. I. Nachtrag zur Monographie der russischen silurischen Leperditien. II. Die Crustaceenfauna der Eurypterenschichten von Rootziküll auf Oesel. 1883. Mit 9 Tafeln. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

№ 6. **Kiprijanoff, W.** Studien über die fossilen Reptilien Russlands. III. Theil. Gruppe. Thaumatosauria N. aus der Kreide-Formation und dem Moskauer Jura. 1883. Mit 21 Tafeln. Pr. 2 R. 25 K. = 7 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Kiprijanoff, W.** Studien über die fossilen Reptilien Russlands. IV. Theil. Ordnung Crocodilina Oppel. Indeterminirte fossile Reptilien. 1883. Pr. 90 K. = 3 Mk.

№ 13. **Schmalhausen, J.** Die Pflanzenreste der Steinkohlenformation am östlichen Abhange des Ural-Gebirges 1883. Mit 4 Tafeln. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Février, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9e ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 2.

BESTIMMUNG

DES WERTHES DER SIEMENS'SCHEN WIDERSTANDS-EINHEIT

IN ABSOLUTEM ELECTROMAGNETISCHEN MAASSE

VON

H. Wild.

(Mit 5 Tafeln.)

(Lu le 20 Décembre 1883.)

5 2 C 36

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 40 Kop. = 4 Mrk. 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 2.

BESTIMMUNG
DES WERTHES DER SIEMENS'SCHEN WIDERSTANDS-EINHEIT
IN ABSOLUTEM ELECTROMAGNETISCHEN MAASSE

VON

H. Wild.

(Mit 5 Tafeln.)

(Lu le 20 Décembre 1883.)

ST.-PÉTERSBOURG. 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 40 Kop. = 4 Mrk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Février. 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Zu einer Bestimmung des Werthes der Siemens'schen Widerstandseinheit in absolutem electromagnetischen Maasse nach der zweiten Weber'schen Methode, nämlich durch die Dämpfung eines schwingenden Magnets, schienen mir die Localitäten und übrigen Einrichtungen des magnetischen Observatoriums in Pawlowsk besonders günstige Bedingungen darzubieten. Als daher die internationale electrische Conferenz zu Paris im Herbst 1882 den Wunsch aussprach, es möchten in den einzelnen Ländern die Untersuchungen zur Bestimmung der Länge einer Quecksilbersäule, deren Widerstand der internationalen absoluten Widerstandseinheit i. e. dem Ohm entspreche, fortgesetzt werden, beschloss ich, wenn möglich nach obiger Methode eine solche Bestimmung auszuführen. Die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften verschaffte mir diese Möglichkeit, indem sie mir in ihrer Sitzung vom 25. Januar 1883 zur Bestreitung der daraus erwachsenden Unkosten einen Credit von 1000 Rubel eröffnete und da auch zugleich Herr Dr. O. Chwolson sich bereit erklärte, mir seine Assistenz bei Ausführung der Untersuchungen zu leihen, so ging ich sofort an die vorbereitenden Arbeiten. Es wurden die nöthigen Instrumente zum grösseren Theil in der Werkstätte des Observatoriums in Angriff genommen, zum geringern Theil anderwärts bestellt und sodann am Pavillon für absolute magnetische Messungen in Pawlowsk einige Um- und Anbauten gemacht, um den mittleren kreuzförmigen Saal desselben unbeschadet der normalen magnetischen Beobachtungen im Sommer ganz für diese Untersuchung reserviren zu können. So konnten schon von Ende Mai an die Apparate in diesem Raume in Pawlowsk aufgestellt und die nöthigen Vorprüfungen und Justirungen gemacht werden. Die eigentlichen Messungen, 13 complete Beobachtungsreihen, haben Herr Chwolson und ich gemeinsam in dem Zeitraum vom 1. Juli bis 13. August angestellt, wonach mir zum Abschluss des Ganzen nur noch wenige ergänzende Beobachtungen und Verificationen übrig blieben, die im August und September und endlich noch im December in Pawlowsk und in Petersburg ausgeführt wurden. Die nöthigen Berechnungen sind zum Theil in Pawlowsk in den Intervallen der Beobachtungen, zum

grössern Theil aber später in Petersburg gemacht worden. Herr Dr. Chwolson hat nämlich seine Bestimmungen der logarithmischen Decremente und der Widerstände berechnet, alle übrigen Berechnungen habe ich selbst ausgeführt.

In der nachstehenden Darlegung der ganzen Untersuchung und ihrer Resultate werde ich zuerst die Methode erörtern, dann die Instrumente und ihre Disposition beschreiben und schliesslich die Messungen selbst und deren Resultate mittheilen.

I. Methode der Untersuchung.

Die von mir befolgte fragliche Methode ist von W. Weber als «zweite Methode» in seinen «Electrodynamischen Maassbestimmungen insbesondere Widerstandsmessungen»[1]) beschrieben worden.[2]) Ausser W. Weber selbst haben nach derselben später noch H. F. Weber[3]) und E. Dorn[4]) Messungen zur Reduction der Siemens'schen Widerstandseinheit auf absolutes Maass angestellt.

Diese, ihrer Idee nach sehr einfache Methode absoluter Widerstandsmessung besteht darin, dass man die Dämpfung der Schwingungen einer Magnetnadel in einem in sich geschlossenen Multiplikator beobachtet. In der bekannten Bewegungsgleichung eines um eine vertikale Axe schwingenden Magnets:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta \frac{d\varphi}{dt} + \alpha^2\varphi = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ist, wenn der Magnet unifilar aufgehängt ist und ausser dem Erdmagnetismus nur der Luftwiderstand auf den Magnet einwirken, zu setzen:

$$2\beta = \frac{l}{N}, \qquad \alpha^2 = \frac{HM}{N} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wo M das magnetische Moment des Magnets und N sein Trägheitsmoment, H die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und l eine den Luftwiderstand repräsentirende Constante darstellen.

Bezeichnen wir das natürliche logarithmische Decrement in diesem Falle mit λ_0 und die Schwingungsdauer des Magnets mit T_0, so hat man auch:

---

1) Abh. der k. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. I, 1852, p. 232.

2) In seiner kritischen Zusammenstellung der bisherigen Methoden zur Feststellung des Ohm (Electrotechn. Zeitschrift, Juli 1882) hat Herr G. Wiedemann diese Methode als 3. Methode von Weber bezeichnet und als zweite eine von W. Weber in seiner Abhandlung «Zur Galvanometrie» (Abh. der k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 10, S. 20, 1862) angegebene Modification der ersten aufgeführt, nach welcher F. Kohlrausch (Pogg. Ann. Ergsbd. VI, S. 1, 1874) absolute Widerstandsmessungen angestellt hat.

3) Vierteljahresschrift der Naturf. Gesellschaft in Zürich 1877, S. 276.

4) Wiedemann's Ann. d. Phys. und Chemie, Bd. XVII, S. 773, 1882.

$$\beta = \frac{\lambda_0}{T_0}, \qquad \alpha^2 = \frac{\pi^2 + \lambda_0^2}{T_0^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Wirken dagegen auf den Magnet ausser den erwähnten Kräften noch electrische Ströme dämpfend ein, welche er in einem umgebenden in sich geschlossenen Multiplikatordraht durch seine Bewegung inducirt, so ist bei unverändertem α zu setzen:

$$2\beta = \frac{M^2C^2}{NW} + \frac{l}{N}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

wo W den Widerstand des in sich geschlossenen Multiplikatordrahtes und C die Empfindlichkeits-Constante des Multiplikators[1]) darstellen.

Heissen wir λ das natürliche logarithmische Decrement des gedämpften Magnets und T seine alsdann stattfindende Schwingungsdauer, so ist wieder:

$$\beta = \frac{\lambda}{T}, \qquad \alpha^2 = \frac{\pi^2 + \lambda^2}{T^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Aus 2.—5. folgt aber für den gesuchten Widerstand des Multiplikator-Drahtes in absolutem Maasse:

$$W = \frac{M}{H} \cdot \frac{C^2}{2T_0} \cdot \frac{\pi}{\frac{\lambda}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}\right)\left(1 + \frac{\lambda_0^2}{\pi^2}\right)}} - \frac{\lambda_0}{\pi} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0^2}{\pi^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

welche Gleichung identisch ist mit № 3 bei H. F. Weber und mit № 1 bei F. Kohlrausch und E. Dorn in den erwähnten Abhandlungen, wenn man die Relationen:

$$q = MC \quad \text{und} \quad N = HM \frac{T_0^2}{\pi^2 + \lambda_0^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

berücksichtigt.

In dem Ausdruck (6) für den Widerstand W sind aber noch einige kleine Correctionen anzubringen.

Wegen der Torsionskraft des Fadens, an welchem der Multiplikator-Magnet aufgehängt ist, ist im Nenner ein Factor:

$$(1 + \theta) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

hinzuzufügen, wo:

$$\theta = 0{,}0000463 . \Delta, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8')$$

---

1) W. Weber hat die Grösse: $f = \frac{MC}{N}$ (Zur Galvanometrie S. 23) und F. Kohlrausch: $q = MC$ (Pogg. Ann. Ergsbd. VI, S. 11) als Empfindlichkeitscoefficient des Multiplikators bezeichnet. Unsere Bezeichnung rechtfertigt sich durch die Formel:

$$JMC = HM \sin \varphi,$$

welche die Ablenkung φ des Magnets aus dem magnetischen Meridian durch einen constanten Strom J in dem zum letzteren parallelen Multiplikator bestimmt. Sie macht die Einführung eines zweiten Coefficienten: $p = \frac{q}{HM} = q \frac{T_0^2}{\pi^2 N}$ für diesen Fall überflüssig.

wenn Δ die in Minuten gegebene Ablenkung des Magnets aus dem magnetischen Meridian durch eine Drehung des oberen Fadenendes um 360° darstellt. Bei der Bestimmung von Δ wird das Mittel aus den Ablenkungen genommen, die bei der Drehung von 360° nach der einen und anderen Seite erhalten werden, um den Einfluss einer allenfalls schon vorhandenen Torsion zu eliminiren.

Eine zweite Correction entspringt aus der Induction, welche der Erdmagnetismus auf den Magneten im Multiplikator ausübt. Sie bewirkt, dass das magnetische Moment dieses Magnets durch die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus vergrössert wird, so dass in Gleichung (6) statt M zu setzen ist:

$$M(1 + \nu' H) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

wo ν' den sogen. Inductionscoefficient des Magnets im Falle der Verstärkung seines Magnetismus bezeichnet.

Diese Correction haben W. Weber und H. F. Weber bei ihren Bestimmungen nicht angebracht, wenigstens erwähnen sie derselben nicht; dagegen wurde sie von E. Dorn (und ebenso auch von F. Kohlrausch bei seinen Dämpfungsbeobachtungen) berücksichtigt.

Endlich kann auch noch der inducirte Extrastrom im Multiplikatordrahte eine Correction bedingen, welche indessen stets sehr klein ist d. h. in unserm Falle z. B. nur circa 0,0003 beträgt. Nach Dorn[1]) ist von daher im Nenner des dritten Bruches der Gleichung (6) der Factor hinzuzufügen:

$$1 - \frac{\Pi}{W.T_0}.\lambda.\sqrt{\frac{1+\frac{\lambda_0^2}{\pi^2}}{1+\frac{\lambda^2}{\pi^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

wo Π den Coefficient der Selbstinduction darstellt.

Ueber die Bestimmung der einzelnen Grössen in Gleichung (6) ist im Allgemeinen noch folgendes zu bemerken.

λ_0: das logarithmische Decrement ohne Dämpfung d. h. bei geöffnetem Multiplikator und λ: das logarith. Decrement bei geschlossenem Multiplikator sind in der üblichen Weise aus der Abnahme der Amplituden des schwingenden Magnets im einen und anderen Fall zu ermitteln.

Ebenso ist über die Bestimmung der Schwingungsdauer T_0 des Magnets bei geöffnetem Multiplikator bloss daran zu erinnern, dass der unmittelbar beobachtete Werth T_0' nach der Formel:

$$T_0 = T_0'(1 + 0{,}00002315.s - 0{,}00003808.\alpha^2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

auf richtige mittlere Sonnenzeit (Secunden) und unendlich kleine Amplituden zu reduciren

1) l. c. S. 783.

ist, wobei s den täglichen Gang des benutzten Chronometers in Secunden (bei dadurch beschleunigtem Zurückgehen des Chronometers als positiv aufgefasst) und α das Mittel der Anfangs- und End-Amplitude der Schwingungen (Entfernung der äussersten Stellungen von der Gleichgewichtslage des Magnets) in Graden ausgedrückt darstellen.

Den Quotienten $\frac{M}{H}$ haben sowohl W. Weber als H. F. Weber dadurch bestimmt, dass sie den Multiplikatormagnet auf einen andern in der ersten Hauptlage ablenkend einwirken liessen, wobei die Abmessung der Entfernung ihrer Mittelpunkte und die Beobachtung des Ablenkungswinkels des Hülfsmagnets unmittelbar zur Kenntniss jenes Quotienten führen. Warum schon F. Kohlrausch und nach seinem Vorgang auch Dorn den ersten Theil des Ausdruckes 6. so umgeformt haben, dass in ihren Gleichungen:

$$\text{statt: } \frac{MC^2}{2HT_0} \qquad \text{steht: } \frac{M^2C^2 . T_0}{2(\pi^2 + \lambda_0^2) . N}$$

vermag ich nicht einzusehen. Der zweite Ausdruck erfordert statt der Ermittlung der aus einer Operation zu gewinnenden Grösse $\frac{M}{H}$ diejenige des schwer zu bestimmenden Trägheitsmoments N sowie des Quadrats des magnetischen Moments M (resp. in den Schlussformeln bei Kohlrausch S. 14 unten und bei Dorn S. 775 Gleichung (6) des Quadrats von H, was ganz auf dasselbe hinauskömmt), wozu ausser jener Operation für Bestimmung von $\frac{M}{H}$ noch eine Reihe von Messoperationen insbesondere Messung von Schwingungsdausern nöthig sind[1]).

Bei meinen Bestimmungen habe ich daher an der Form (6) der Gleichung für W festgehalten und also den Quotienten $\frac{M}{H}$ ebenfalls einfach durch Ablenkungsbeobachtungen ermittelt.

Am meisten divergiren die verschiedenen Forscher bei Bestimmung der Empfindlichkeitsconstanten C des Multiplikators. W. Weber und H. F. Weber haben dieselbe nach dem Biot-Savart'schen Gesetz durch Rechnung aus der Form und den Dimensionen des Multiplikators und Magnets abgeleitet, wesshalb sie zur Erzielung einer genügenden Annäherung genöthigt waren, die Windungen des Multiplikators in einem grösseren Abstand um den Magnet herumzuführen. Dies hat aber anderseits wieder eine bedeutende Verkleinerung des logarithmischen Decrements λ bei geschlossenem Multiplikator zur Folge, was die Sicherheit seiner Bestimmung beeinträchtigt.

Um diese Schwierigkeit zu umgehen, hat Dorn den Strom einer galvanischen Batterie als Stammstrom durch eine Tangenten-Boussole und als schwächeren Zweigstrom durch den Multiplikator geleitet, was nach Bestimmung des Verhältnisses der Widerstände der beiden Zweige aus der Beobachtung der gleichzeitigen Magnet-Ablenkungen in beiden Instrumenten

---

1) In einer neuesten Notiz: «Ueber einige Bestimmungsweisen des absoluten Widerstandes einer Kette, welche einen Erdinductor und ein Galvanometer enthält» (Sitzungsber. der math.-phys. Classe der k. bayer. Akad. der Wiss. 1883, II. Heft) schlägt jetzt auch Herr F. Kohlrausch als eine Verbesserung der von ihm befolgten Messmethode die Rückverwandlung der obigen Ausdrücke in die ursprünglichen von W. Weber vor!!

gestattet, die Empfindlichkeitsconstante des Multiplikators durch die leichter zu bestimmende der Tangenten-Boussole auszudrücken.

Heissen wir nämlich:

i_m den Zweigstrom im Multiplikator,
$W + W_1 = w_m$ den Widerstand des Multiplikator-Zweiges, d. h. des Zweiges, in dem der Multiplikator sich befindet,
w_s den Widerstand des Shunt-Zweiges, d. h. des Zweiges, der gewissermaassen als Nebenschliessung eingeschaltet ist,
J den in der Tangenten-Boussole kreisenden Stammstrom,

so ist:

$$\frac{J}{i_m} = 1 + \frac{w_m}{w_s}.$$

Beim Multiplikator ist aber auch:

$$i_m = \frac{H}{C} \sin \varphi (1 + \theta),$$

und bei der Tangenten-Boussole hat man:

$$J = \frac{H}{K} \operatorname{tang} \psi (1 + \theta'), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

wenn wir mit K die Empfindlichkeitsconstante der Tangenten-Boussole, die aus ihren Abmessungen herzuleiten ist, und mit φ und ψ die beobachteten Ablenkungswinkel an beiden Instrumenten endlich mit θ und θ' die Torsionseinflüsse bei beiden bezeichnen.

Aus diesen Gleichungen folgt aber für die gesuchte Grösse C:

$$C = K \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tang} \psi} \left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right)(1 + \theta - \theta'), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

so dass also hier die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus herausfällt, allerdings unter der Voraussetzung ihrer Gleichheit am Ort des Multiplikators und der Tangentenboussole[1]).

Schon ehe mir die Abhandlung des Herrn Dorn bekannt geworden war, hatte ich die

1) Wenn wir die von F. Kohlrausch benutzte W. Weber'sche Methode statt als eine Modification seiner ersten als solche seiner zweiten Haupt-Methode auffassen, so könnten wir auch sagen, W. Weber habe bei seiner Methode die erwähnte Schwierigkeit in der Bestimmung der Grösse C dadurch umgangen, dass er durch den Multiplikator den in einem Erdinductor erzeugten Strom hindurchleite und damit die Empfindlichkeitsconstante C des Multiplikators durch die leichter zu bestimmende Constante des Erdinductors S (Stromfläche desselben) ausdrücke. In der That unterscheidet sich der schliessliche Ausdruck für W bei Kohlrausch (S. 14 der erwähnten Abhandlung), wenn wir dort für das Trägheitsmoment N den Werth aus den Relationen (7) einsetzen, von unserem Ausdruck (6) in den beiden ersten Factoren nur dadurch, dass dort an die Stelle von C die Stromfläche S des Inductors tritt.

Absicht, die Grösse C in dieser Weise zu bestimmen. Der Erfolg seiner betreffenden Messungen konnte mich daher nur darin bestärken.

E. Dorn hat endlich bei seinen Untersuchungen noch einen weiteren Umstand berücksichtigt, welchen seine Vorgänger ausser Acht gelassen haben. Wie ich zuerst in meiner Abhandlung «Ueber die Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium»[1]) nachgewiesen habe, kann die Annahme, die man bis dahin allgemein machte und die auch wir oben stillschweigend getroffen haben, dass nämlich bei den Multiplikatoren mit kleinen Maximal-Ablenkungen der Magnete, die mit Fernrohr und Scale beobachtet werden, der Empfindlichkeitscoefficient als eine constante Grösse zu betrachten sei, im Allgemeinen nicht aufrecht erhalten werden. Ich habe gezeigt, dass bei Multiplikatoren, wie sie hier zur Anwendung kommen, schon bei Ablenkungen von 1° Abweichungen von über 1% von dieser vorausgesetzten Constanz sich geltend machen. In Folge davon sind, wie ich auch schon dort bemerkte, die Bewegungs-Gleichung (1) des schwingenden gedämpften Magnets und damit auch die weiteren daraus gezogenen Resultate nicht streng richtig; es muss vielmehr die Constante C des Multiplikators und damit nach Gleichung (4) auch die Grösse 2β in Gleichung (1) als eine Function von φ betrachtet werden und jene Gleichung allgemeiner unter dieser Voraussetzung behandelt werden, wobei auch zu berücksichtigen ist, dass strenggenommen in Gleichung (1) statt $\alpha^2\varphi$ stehen soll: $\alpha^2 \sin\varphi$. Dieser Aufgabe haben sich in der That seither zwei Physiker, nämlich Herr O. Chwolson[2]) und Herr K. Schering[3]), fast gleichzeitig unterzogen und dieselbe in nahe übereinstimmender Weise mit gewissen Annäherungen gelöst. Ich folge hier der etwas allgemeinern Lösung des Herrn Chwolson, während Dorn sich an diejenige des Herrn Schering gehalten hat.

Indem Herr Chwolson zuletzt in erster Annäherung:

$$\text{statt: } C \quad \text{setzte: } C\left(1 - \frac{b}{2}\varphi^2\right)$$

$$\text{und statt: } \sin\varphi \quad \text{setzte: } \varphi\left(1 - \frac{1}{6}\varphi^2\right)$$

erhielt er statt 1. die Gleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\varphi^2) + \alpha^2\varphi\left(1 - \frac{1}{6}\varphi^2\right) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1')$$

Durch Integration dieser Gleichung gelangte er dann zu dem Resultat, dass die sämmtlichen Ausdrücke (2)—(6) Gültigkeit behalten, wenn wir nur darin an Stelle von λ nicht das

1) Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg T. XXVI, № 8, 1878.

2) Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg T. XXVI, № 14, April 1879 und T. XXVIII, № 3, April 1880.

3) Ann. der Physik und Chemie, Neue Folge Bd. IX, Juni 1879.

unmittelbar aus den Beobachtungen in der üblichen Weise abgeleitete, sondern das nach seinen Formeln auf unendlich kleine Amplituden reducirte logarithmische Decrement einführen. Die von der Form, den Dimensionen etc. des Multiplikators und des Magnets darin abhängige Constante b kann nach Herrn Chwolson aus der Beobachtung des logarithmischen Decrements bei verschiedenen Azimuten des Multiplikators zum magnetischen Meridian ermittelt werden.

Endlich wird jetzt in Folge dieser Verbesserung in den Gleichungen (12):

$$i_m = \frac{H \sin \varphi}{C\left(1 - \frac{b}{2}\varphi^2\right)} (1 + \theta) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12')$$

und statt Gleichung (13) hat man dann:

$$C = K \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tang} \psi} \left(1 - \frac{b}{2}\varphi^2\right) \left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right) (1 + \theta - \theta') \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13')$$

Ein letzter störender Einfluss ist bei allen bisherigen Bestimmungen nach dieser Methode unberücksichtigt geblieben, da er sich unter gewöhnlichen Umständen leicht der Wahrnehmung entzieht; es ist dies der eventuelle Eisengehalt des Multiplikators. Wenn nämlich auch dieser Eisengehalt so klein ist, dass er sich bei der üblichen Weise der Untersuchung durch Annähern desselben an ein Magnetometer gar nicht bemerkbar macht, so kann derselbe doch auf den in grösserer Nähe, nämlich im Hohlraum des Multiplikators, befindlichen kräftigen Magnet eine erhebliche Wirkung ausüben. Ich erwähne beispielsweise nur, dass der für meinen Multiplikator verwendete Kupferdraht bei der ersten Untersuchung am Magnetometer keinerlei bemerkbare Ablenkung in möglichster Nähe hervorbrachte und dasselbe auch beim fertigen Multiplikator der Fall war. Als indessen der zugehörige Magnet eingehängt wurde und man den Multiplikator um seine Vertikalaxe von der Symmetrie-Stellung aus um $3^1/_2{}^\circ$ nach der einen und andern Seite drehte, erfolgte jedes Mal nach der betreffenden Seite eine constante Ablenkung um $1'$ in runder Zahl, was, wie wir gleich zeigen werden, auf das Endresultat der Messung einen über $0{,}4\%$ betragenden Einfluss hat (ungefähr 10 Male grösser als der Einfluss der Torsion des Aufhängefadens).

Da nämlich die fragliche, durch den Eisengehalt bedingte Ablenkung des Multiplikator-Magnets aus dem magnetischen Meridian durch Drehung des Multiplikators sich bis zur Grenze von $3^1/_2{}^\circ$, welche bei unsern Schwingungen und Ablenkungen nicht überschritten wurde, zufolge einer besondern Untersuchung als proportional dem Drehungswinkel erwies, so wird sich diese Kraft in ganz entsprechender Weise wie die Torsionskraft in Rechnung bringen lassen. Demgemäss ist in Gleichung (6) wegen des Eisengehalts des Multiplikators im Nenner noch ein Factor:

$$1 + f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

anzubringen, wo:

$$f = 0{,}00007949 . \eta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14')$$

ist, wenn η die durch eine Drehung des Multiplikators um $3^1/_2{}^\circ$ bewirkte Ablenkung des Magnets in Secunden darstellt. Für $\eta = 60''$ ergibt sich also in der That: $f = 0{,}0048$.

Aus demselben Grunde ist in der Gleichung (13′) rechts noch ein Factor

$$1 + f - f'$$

hinzuzufügen, wo f' den allfälligen entsprechenden Einfluss des Eisens bei der Tangenten-Boussole repräsentirt.

Unter den hier aufgeführten Correctionsfactoren macht wegen ihrer Grösse neben f besonders auch die genügende Bestimmung des Inductionscoefficienten ν' des Magnets (siehe Ausdruck 9) Schwierigkeiten. Die Grösse $\nu' H$ ist in unserm Fall ungefähr von gleichem Betrag wie f d. h. beträgt 0,004 bis 0,005. Wollte man also W bis auf 0,0001 seines Betrags sicher erhalten, so müssten diese Grössen bis zu etwa $^1/_{50}$ ihres Werths genau bestimmt werden, was Angesichts der Unsicherheiten, welche die verschiedenen Methoden zur Ermittlung von ν' darbieten, nicht leicht ist. Wenn der Inductionscoefficient in der That, wie Lamont angiebt, bei der Schwächung des Stabmagnetismus ein anderer ist als bei der Verstärkung desselben, so genügt eine Bestimmung desselben nach den üblichen Methoden, die nur das Mittel beider Coefficienten geben, nicht; sie dürfte am besten nach der von mir angegebenen Methode vermittelst des Bifilars[1]) erfolgen. Soll aber schon zu dem Ende der Magnet auch bifilar aufgehängt werden, so ist es möglich, die Bestimmung des Inductionscoefficienten dabei überhaupt ganz zu umgehen.

Bringen wir nämlich den bifilar aufgehängten Multiplikator-Magnet — und damit auch den Multiplikator selbst — in die transversale d. h. auf den magnetischen Meridian senkrechte Lage, so verändert, wie bei den Ablenkungsbeobachtungen, die Induction durch den Erdmagnetismus dessen magnetisches Moment nicht oder es wird wenigstens dieses genau dasselbe sein, wie bei den Ablenkungsbeobachtungen und somit aus diesen ohne Anbringung einer Inductions-Correction erhalten werden.

Bei Anwendung der bifilaren Suspension und Transversal-Lage ändert sich in unsern obigen Ausdrücken nur wenig. Es wird jetzt in Gleichung (1) resp. (1′):

$$\alpha^2 = \frac{HM}{N} \operatorname{cotg} z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

und in den Gleichungen (12) und (13) resp. (12′) und (13′) kommt rechts auch bloss der Factor cotg z hinzu, während überall die Glieder mit θ, welche den Torsionseinfluss beim Multiplikator darstellen, jetzt wegfallen.

In der Gleichung (6) für den Widerstand W ist in Folge dessen auch nur

statt: H zu setzen: H cotg z,

1) Bulletin de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg, T. XXVI, p. 76, Janvier 1880.

wo z den sogen. Torsionswinkel des Bifilars darstellt, der viel leichter und sicherer zu bestimmen ist als der Inductionscoefficient.

Die Transversal-Lage des Magnets bei der bifilaren Suspension bietet noch den weitern Vortheil, dass seine Stellung unabhängig ist von den Declinations-Variationen, also nur diejenigen der Horizontal-Intensität zu berücksichtigen bleiben.

Aus allen diesen Gründen habe ich mich entschlossen, für meine Untersuchung den Multiplikator-Magnet bifilar und in der Transversal-Lage aufzuhängen.

Schliesslich bleibt nur noch zu erwähnen, dass der so erhaltene absolute Widerstand W des Multiplikator-Drahtes mit demjenigen einer Siemens'schen Einheit, wie auch die Widerstände des Multiplikatorzweiges und des Shunt-Zweiges miteinander zu vergleichen waren, wozu ich die Wheatstone'sche Brücken-Combination benutzte.

Nach dieser übersichtlichen Darlegung der befolgten Methode sind jetzt die derselben zu Grunde zu legenden Formeln und die Details der anzustellenden Beobachtungen genauer zu entwickeln.

1. Einrichtung des Bifilars und Bestimmung des Torsionswinkels desselben.

Für den bifilar aufgehängten Magnet des Multiplikators wird in der üblichen Weise durch abwechselndes Einlegen des Magnets und des unmagnetischen, messingenen Torsionsstabs in das Schiffchen, sowie durch Drehen am Torsionskreis die Lage aufgesucht, wo der erstere ohne Torsion der Bifilarwage im magnetischen Meridian sich befindet. Dreht man nun von dieser Lage aus, sei es die obere Fadensuspension vermittelst des Torsionskreises, sei es den Magnethalter um das untere Verbindungsstück der beiden Faden um 90°, so wird jetzt der im Schiffchen liegende Torsionsstab senkrecht zum magnetischen Meridian sein. Nachdem man darauf den Spiegel am Magnethalter so justirt hat, dass er die Mitte der Scale in's Fernrohr reflectirt, und Torsionskreis und Scale abgelesen hat, legt man den Magnet statt des Torsionsstabes ein. Der Winkel, um den man dann den Torsionskreis resp. die obere Fadensuspension zu drehen hat, bis genau derselbe Scalentheil hinter dem Vertikalfaden im Fernrohr wie vorher erscheint oder also der Magnet senkrecht zum magnetischen Meridian steht, repräsentirt den sogen. Torsionswinkel z_a, für welchen die Gleichung gilt:

$$H_a M_a = D_a \sin z_a + \tau_a z_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

wo:

$$\left.\begin{aligned} D_a &= \frac{Q.g.d\,d'}{4l}, \\ \tau_a &= \frac{2\pi\varrho^4 eg}{5l}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

ferner Q die an den beiden Faden hängende Masse, g die Beschleunigung der Schwere, d und d' die obere und untere Fadendistanz, l ihre Länge, ϱ ihren Halbmesser, e den Elasti-

citätscoefficienten ihrer Substanz darstellen und der Index a andeuten soll, dass die Werthe aller Grössen für den Moment a gelten sollen, wo der Magnet eben senkrecht zum Meridian gestellt worden ist. Hierbei ist stillschweigend zugleich vorausgesetzt, dass die Windungen des Multiplikators auch senkrecht auf den magnet. Meridian stehen und in dieser Lage der Eisengehalt keine ablenkende Kraft auf den Magnet ausübt.

Der Winkel z_a wird also am Torsionskreis abgelesen und die ihn definirende Gleichung (16) wird auch bei veränderten Werthen von H_a, M_a, etc. stets gelten, so oft der Magnet genau senkrecht zum magnetischen Meridian steht. Das aber wird für dieselbe Scalenablesung n_a im Fernrohr, wie bei der ursprünglichen Einrichtung des Bifilars, immer der Fall sein, wenn sich der magnetische Meridian inzwischen nicht erheblich geändert hat und ebenso die relative Stellung von Magnet und Spiegel an seiner Suspension, sowie von Fernrohr und Scale dieselbe geblieben ist.

Die letztern 2 Bedingungen können durch die Construction des Apparats leicht erfüllt werden. Was die erstere betrifft, so ist die Aenderung ζ des Torsionswiukels z, welche einer Variation δ der Declination entspricht, beim Bifilar-Magnetometer gegeben durch:

$$\operatorname{tg} \zeta = \frac{1 - \cos \delta}{\sin \delta + \operatorname{cotg} z}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Für $z = 46^0$ (Torsionswinkel bei unserm Instrument) und für $\zeta = \pm 10'$ (Maximum der Amplitude der täglichen Variation der Declination in Pawlowsk, Störungstage ausgeschlossen) folgt hieraus: $\zeta = \pm 0''{,}9$. Da der Werth eines Scalentheils bei unserm Bifilar in runder Zahl $= 25''$ war, so ist der vorstehende Betrag von ζ kleiner als $^1/_{20}$ Scalentheil d. h. kleiner als der Beobachtungsfehler. Wenn also nur die Einrichtung des Bifilars ungefähr zur Zeit mittlerer Declination erfolgt ist, so wird, wenigstens bei unserm Instrument, unabhängig von den normalen Variationen der Declination die Ablesung n_a an der Scale stets innerhalb der Beobachtungsfehler eine senkrechte Lage der Magnetaxe zum magnet. Meridian repräsentiren.

Der Ablesung n_a an der Scale wird endlich auch so lange als Torsionswinkel des Bifilars der ursprünglich bestimmte Werth z_a entsprechen, als die obere Suspension (Verbindungslinie der beiden Faden) ihre relative Lage zur untern bei dieser Scalenablesung nicht verändert hat. Hat man aber Grund, bei der obern Suspension des Magnets eine solche Veränderung zu vermuthen, so lässt sich der eventuelle neue Werth von z_a ohne die ursprüngliche, umständliche Aufsuchung des magnetischen Meridians etc. leicht in der Art bestimmen, dass man den Magnet im Schiffchen durch den Torsionsstab ersetzt und dann am Torsionskreis dreht, bis angenähert dieselbe Scalen-Ablesung n_a im Fernrohr eintritt. Die Differenz der neuen Ablesung am Torsionskreis und der weitern, die bei wieder eingelegtem Magnet ebenfalls genau dieselbe Scalen-Ablesung n_a am Magnetspiegel gibt, repräsentirt offenbar wieder den neuen Torsionswinkel.

Nachdem so der Torsionswinkel z_a und die entsprechende Scalen-Ablesung n_a, die als

Ausgangspunkt für das Folgende dienen, erhalten sind, gehen wir zur Aufstellung der genauen Bewegungsgleichungen des Magnets bei bifilarer Aufhängung und Transversal-Lage desselben über.

2. Bewegungsgleichungen des schwingenden Magnets und genauere Formel für w.

Die Gleichung (16) ist ein specieller Fall folgender allgemeiner Gleichgewichtbedingung des transversalen Bifilar-Magnets:

$$H\,M\cos\zeta = D\sin(z_a + \zeta) + \tau(z_a + \zeta) + \gamma\,\zeta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

wo ζ den Winkel der Magnetaxe mit der Normalen zum magnetischen Meridian und $\gamma\zeta$ das Moment des Eisengehalts im Muliplikator auf den Magnet darstellen, die Windungen des letztern, wie oben schon angenommen wurde, senkrecht zum mittlern magnetischen Meridian orientirt gedacht. Strenggenommen würde links noch ein Factor beizufügen sein, der bei der Abweichung von der Normalen die Veränderung des magnetischen Moments M durch die Induction des Erdmagnetismus repräsentirt; da indessen derselbe das Product des Inductionscoefficienten in $\sin\zeta$ enthält, so ist er als kleine Grösse 2. Ordnung zu vernachlässigen.

Lenken wir jetzt den Magnet aus dieser neuen Lage um den Winkel φ ab, so wird die Summe der Drehungsmomente, die auf ihn einwirken, sein:

$$H\,M\cos(\zeta + \varphi) - D\sin(z_a + \zeta + \varphi) - \tau(z_a + \zeta + \varphi) - \gamma(\zeta + \varphi)$$

oder nach Entwickelung und mit Berücksichtigung von Gleichung (19):

$$\sin\varphi\,H\,M\operatorname{cotg}(z_a + \zeta)\,\{\cos\zeta + \sin\zeta\operatorname{tang}(z_a + \zeta) + \\ + \sigma[1 - z_a\operatorname{cotg}(z_a + \zeta)] + f\}, \quad \ldots\ldots \quad (20)$$

wenn wir die Glieder mit kleinen Grössen zweiter Ordnung (Quadrate von φ und die Pro- $\tau\zeta$ und $\gamma\zeta$) vernachlässigen und setzen:

$$\frac{\tau}{H\,M\operatorname{cotg}(z_a + \zeta)} = \sigma, \qquad \frac{\gamma}{H\,M\operatorname{cotg}(z_a + \zeta)} = f. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

In der Bewegungsgleichung (1′) also des gedämpften Magnets bei geschlossenem Multiplikator, nämlich:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\,\beta.\,\frac{d\varphi}{dt}(1 - b\,\varphi^2) + \alpha^2\,\varphi\,(1 - \tfrac{1}{6}\,\varphi^2) = 0.$$

haben daher genauer die Constanten β und α folgende Bedeutung;

$$2\,\beta = \frac{M^2C^2}{N.W} + \frac{l}{N}, \qquad \alpha^2 = \frac{HM}{N}\operatorname{cotg} z, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

wenn wir der Kürze halber setzen:

$$\operatorname{cotg} z = \operatorname{cotg}(z_a + \zeta)\{\cos\zeta + \sin\zeta \operatorname{tang}(z_a + \zeta) + \sigma[1 - z_a \operatorname{cotg}(z_a + \zeta)] + f\} \quad (23)$$

Anderseits hat man wie früher die Relationen:

$$\beta = \frac{\lambda}{T}, \qquad \alpha^2 = \frac{\pi^2 + \lambda^2}{T^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

wenn jetzt λ das nach der Chwolson'schen Theorie auf unendlich kleine Amplituden reducirte logarithmische Decrement darstellt, welches aus der Beobachtung der Schwingungen des Magnets bei geschlossenem Multiplikator abgeleitet wird und T die alsdann geltende Schwinkungsdauer des Magnets repräsentirt, die wegen der raschen Abnahme der Amplituden nicht genau zu beobachten ist und daher durch diejenige bei ungedämpftem Magnet resp. geöffnetem Multiplikator auszudrücken ist.

Die Bewegungsgleichung des ungedämpften Magnets ist:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta_0 \frac{d\varphi}{dt} + \alpha^2_0 \varphi\,(1 - \tfrac{1}{6}\varphi^2) = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

deren Integral sich nach der Untersuchung von Chwolson nicht wesentlich von dem der Gleichung (1) unterscheidet.

Hier ist:

$$2\beta_0 = \frac{l}{N_0}, \qquad \alpha^2_0 = \frac{H_0 M_0}{N_0} \operatorname{cotg} z_0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

wo gesetzt wurde:

$$\operatorname{cotg} z_0 = \operatorname{cotg}(z_a + \zeta_0)\{\cos\zeta_0 + \sin\zeta_0 \operatorname{tang}(z_a + \zeta_0) + \sigma[1 - z_a \operatorname{cotg}(z_a + \zeta_0)] + f\} \quad (27)$$

und der Index 0 bei den Grössen ζ, H, M, N bezeichnen soll, dass hier ihre Werthe zur Zeit der Beobachtung des schwingenden Magnets bei geöffnetem Multiplikator einzusetzen sind. Die kleinen Grössen l, σ und f können dagegen zu beiden Zeiten als gleich betrachtet werden. Die Beobachtung dieser Schwingungen liefert dann zugleich die Werthe des logarithmischen Decrements λ_0 und der Schwingungsdauer T_0, welche nach (3) mit β_0 und α_0 durch die Relationen:

$$\beta_0 = \frac{\lambda_0}{T_0}, \qquad \alpha_0^2 = \frac{\pi^2 + \lambda_0^2}{T_0^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

zusammenhangen.

Aus den Gleichungen (22), (24), (26) und (28) folgt aber für den Widerstand W in absolutem Maass:

$$W = \frac{M.C^2.}{H.2.T_0.\operatorname{cotg} z} \cdot \frac{\pi}{\frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{1}{\left(1+\frac{\lambda^2}{\pi^2}\right)\left(1+\frac{\lambda_0^2}{\pi^2}\right)}}\sqrt{\frac{H_0 M_0 \operatorname{cotg} z_0 N}{H M \operatorname{cotg} z N_0} - \frac{\lambda_0}{\pi}\frac{1}{1+\frac{\lambda_0^2}{\pi^2}}\cdot\frac{H_0 M_0 \operatorname{cotg} z_0}{H M \operatorname{cotg} z}}} \quad [1]) \quad (29)$$

1) Den Correctionscoefficienten wegen Selbstinduction werde ich erst am Schlusse der Untersuchung anbringen.

wo also W den Widerstand und C die Empfindlichkeits-Constante des Multiplikators zur Zeit der Beobachtung des logarithmischen Decrements bei geschlossener Leitung, also bei der alsdann stattfindenden Temperatur im Multiplikator, M das magnetische Moment und N das Trägheitsmoment des Magnets und H die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus zur selben Zeit, M_0, N_0 und H_0 aber die betreffenden Grössen zur Zeit der Beobachtung des logarithmischen Decrements λ_0 und der Schwingungsdauer T_0 des Magnets bei geöffnetem Multiplikator darstellen. λ ist das auf unendlich kleine Amplituden reducirte logarithmische Decrement bei geschlossenem Multiplikator und die Werthe von cotg z und cotg z_0 sind durch die Gleichungen (23) und (27) gegeben.

3. Bestimmung des logarithmischen Decrements bei in sich geschlossenem Multiplikator und Reduction desselben auf unendlich kleine Amplituden.

Es werde der Bifilar-Magnet bei geschlossenem Multiplikator aus seiner Gleichgewichtslage durch irgend eine äussere Ursache z. B. durch einen Strom, welcher in einem Extradraht circulirt, momentan abgelenkt und darauf die aufeinanderfolgenden Elongationen desselben an der Scale abgelesen. Bei einigermaassen starker Dämpfung, wie sie hier wünschenswerth ist, wird der Magnet nur wenige Schwingungen machen, bis er zur Ruhe gelangt ist. Wir nehmen daher an, es sollen je nur 3 aufeinanderfolgende Elongationen beobachtet werden, deren Differenzen zwei, in Scalentheilen ausgedrückte Bogen ergeben, einen grössern s_a und einen kleinern s_b. Würde hierbei die Ruhelage des Magnets mit der Symmetrieebene des Multiplikators zusammenfallen, so würde es für das Resultat gleichgültig sein, ob man bei den Beobachtungen den Magnet zuerst nach grossen oder nach kleinen Zahlen — wir denken uns eine Scale mit fortlaufenden Zahlen von einem Ende zum andern, deren Mitte ungefähr die Ruhelage des Magnets entspricht — abgelenkt hat. Da diese Bedingung im Allgemeinen nicht als erfüllt zu betrachten ist, so unterscheiden wir zwischen den bezüglichen Grössen bei erster Ablenkung nach grossen resp. nach kleinen Zahlen. Die fraglichen Bogen sollen demgemäss speciell durch

$$(s_a)_{1000} \text{ und } (s_b)_{1000}$$

bezeichnet werden, wenn die erste Ablenkung nach grossen Zahlen erfolgt und dagegen mit:

$$(s_a)_0 \text{ und } (s_b)_0,$$

wenn dieselbe nach kleinen Zahlen geschieht.

Durch wiederholte Ablenkungen dieser Art, wobei je die erste bald nach grossen bald nach kleinen Zahlen erfolgt, bestimmt man eine Reihe, etwa 10—20 Werthe der vorstehenden 4 Grössen, berechnet je die Werthe: $\left(\text{Log } \frac{s_a}{s_b}\right)_{1060}$ und $\left(\text{Log } \frac{s_a}{s_b}\right)_0$ und bildet schliesslich Mittelwerthe dieser Grössen, die wir mit:

$$(S_a)_{1000},\ (S_a)_0,\ (S_b)_{1000},\ (S_b)_0,\ \left(\text{Log}\ \frac{S_a}{S_b}\right)_{1000},\ \left(\text{Log}\ \frac{S_a}{S_b}\right)_0$$

bezeichnen wollen. Bezeichnen wir ferner mit: $(\Phi_a)_{1000}$ den wirklichen Bogen, der dem in Scalentheilen $(S_a)_{1000}$ ausgedrückten gleichkommt, und mit $(\Phi_a)_0$ denjenigen, der $(S_a)_0$ entspricht, so ist nach der Formel (51,b) in der erwähnten Abhandlung des Herrn Chwolson[1]) zu setzen:

$$\text{Log}\,\Phi_a = \text{Log}\,\frac{S_a}{2E} - m\left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{S_a^2}{4E_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ (30)$$

wo m den Factor bedeutet, mit welchem ein natürlicher Logarithmus zu multipliciren ist, um den entsprechenden Briggischen zu erhalten; also: $\text{Log}\ m = 0{,}63778 - 1$; und wo E die Entfernung von Scale und Spiegel in Scalentheilen darstellt. Endlich ist:

$$p = \frac{s_b}{s_a}$$

gesetzt, wobei für s_b und s_a diejenigen unter den betreffenden Einzelwerthen auszuwählen sind, für welche $\text{Log}\ \frac{s_a}{s_b}$ den zuletzt erhaltenen Mittelwerthen am nächsten kommt.

Das Briggische logarithmische Decrement für endliche Bogen, das wir mit λ'_g bezeichnen wollen, berechnet sich aus den obigen Daten nach der Formel (51, c) des Herrn Chwolson, nämlich:

$$\lambda'_g = \text{Log}\,\frac{\Phi_a}{\Phi_b} = \text{Log}\,\frac{S_a}{S_b} - m(1-p)^2\left[\left(\frac{1-p}{1+p}\right)^2 + \frac{1}{3}\right]\frac{S_a^2}{4E^2} \quad \ldots\ldots\ (31)$$

Entsprechend den beiderlei Grössen $(S_a)_{1000}$, $(S_a)_0$, $(\Phi_a)_{1000}$, $(\Phi_a)_0$, etc. erhält man nach dieser Formel auch zwei Werthe für λ'_g nämlich:

$$(\lambda'_g)_{1000} \text{ und } (\lambda'_g)_0$$

und hieraus berechnen sich durch Multiplikation mit dem natürlichen Logarithmus von 10:2,302585 die beiden natürlichen logarithmischen Decremente für endliche Bogen:

$$(\lambda')_{1000} \text{ und } (\lambda')_0$$

Die Gleichungen (38,e) und (45,d) des Herrn Chwolson ergeben endlich für das gesuchte natürliche logarithmische Decrement bei unendlich kleinen Bogen den Werth:

$$\lambda = \lambda' + \Phi_a^{\,2}\,\frac{(1+e^{-3\lambda})(1-e^{-\lambda})}{(1+e^{-\lambda})^2}\cdot\frac{24\,.\,b\,(7\,.\,\lambda^2+\pi^2)-(23\,.\,\lambda^2+11\,.\,\pi^2)}{48\,(\lambda^2+4\,.\,\pi^2)} \quad \ldots\ (32)$$

wo b die in Gleichung (1′) zuerst auftretende Constante repräsentirt. Bei der Berechnung

1) Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg, VII sér., T. XXVIII, № 3, 1880.

setzt man in der üblichen Weise Rechts für λ zuerst λ' und führt den so erhaltenen angenäherten Werth von λ bei einer zweiten Berechnung statt des erstern Rechts ein und nimmt eventuell in entsprechender Weise noch eine dritte und vierte Berechnung vor, bis die folgenden Werthe sich nicht mehr erheblich von den vorigen unterscheiden. Hat man bereits beim betreffenden Apparat derartige Berechnungen gemacht, so kann man gleich schon von Anfang an bei λ' eine angenäherte Correction entsprechend den frühern anbringen, so dass dann durchweg bloss eine einzige Berechnung genügt.

Durch Combination von $(\lambda')_{1000}$ und $(\Phi_a)_{1000}$ erhält man so: $(\lambda)_{1000}$ und durch diejenige von $(\lambda')_0$ und $(\Phi_a)_0$ den Werth von $(\lambda)_0$. Der gesuchte wahre Werth von λ würde dann streng-genommen aus den zwei Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned}(\lambda)_{1000} &= \lambda + B\,(\Phi_a)_{1000}\\ (\lambda)_0 &= \lambda - B\,(\Phi_a)_0\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

abzuleiten sein. Da aber stets $(\Phi_a)_0$ und $(\Phi_a)_{1000}$ sich nur wenig unterscheiden werden, so kann genau genug gesetzt werden:

$$\lambda = \frac{(\lambda)_{1000} + (\lambda)_0}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (33')$$

4. Bestimmung der Constanten b der Function des Multiplikators.

Auch hier folgen wir dem von Herrn Chwolson in der erwähnten Abhandlung angegebenen Verfahren, indem wir die Methode B (S. 76) benutzen.

Zu dem Ende wird der um eine Vertikalaxe drehbare Multiplikator nacheinander mit seiner Symmetrie-Ebene in verschiedenen Azimuthen zum Magnet aufgestellt und bei jeder dieser Stellungen und geschlossenem Multiplikator der Magnet abgelenkt, worauf man 3 aufeinanderfolgende Elongationen abliest. Auch hier wird die erste Ablenkung bald nach grossen, bald nach kleinen Zahlen dirigirt und darauf gesehen, dass die ersten Bogen Φ_a nach beiden Seiten möglichst gleich seien. Aus den erhaltenen Bogen werden genau wie oben die zwei natürlichen logarithmischen Decremente für endliche Bogen bestimmt. Für das n-te Azimuth des Multiplikators x_n sei der Mittelwerth dieser beiden Decremente: λ'_n. Es ist nun offenbar:

$$x_n = a_n - A$$

zu setzen, wenn a_n den jeweilen an der Scale abzulesenden Winkel zwischen den Normalen des Magnetspiegels und eines am Multiplikator befestigten fixen Spiegels und A den unbekannten Winkel dieser beiden Normalen darstellt, falls der Magnet mit der Symmetrieebene zusammenfällt. Zwischen den entsprechenden λ'_n und a_n wird aber allgemein die Relation bestehen:

$$\lambda'_n = \lambda' - L\,(a_n - A)^2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

wo λ' das natürliche logarithmische Decrement für endliche Bogen, wenn die Magnetaxe mit der Symmetrieebene zusammenfällt. Aus einer Reihe solcher Gleichungen, die den verschiedenen Azimuthen entsprechen, wird man nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der 3 Unbekannten λ', L und A ableiten können. Der erhaltene Werth von A ergibt uns die unbekannte Lage der Symmetrieebene des Multiplikators und aus L lässt sich nach der Formel (58,c) des Herrn Chwolson, nämlich:

$$b' = \frac{\pi^2 L}{\lambda'(\pi^2 + \lambda'^2)}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

der Werth der gesuchten Constanten zunächst bezogen auf λ', d. h. auf logarithmische Decremente für endliche Bogen ableiten. Um den wahren Werth von b nach der Formel:

$$b = \frac{\pi^2 L}{\lambda(\pi^2 + \lambda^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35')$$

berechnen zu können, müssen wir zuerst aus λ' die Grösse λ für unendlich kleine Amplituden nach der Formel (32) berechnen, die eigentlich bereits die Kenntniss von b voraussetzt. Man verfährt wie oben, d. h. setzt hier zunächst den ungenauen Werth von b' aus (35) ein und berechnet mit dem so erhaltenen λ nach (35′) die Grösse b. Wiederholt man diese Operation nochmals, so zeigt es sich sofort, ob die gewonnenen Werthe von b bereits genau genug sind.

5. Bestimmung der Schwingungsdauer und des logarithmischen Decrements bei offenem Multiplikator.

Die unmittelbar erhaltene Schwingungsdauer des Magnets T_0' ist, wie bereits oben erwähnt wurde, nach Gleichung (11) auf richtige Sonnenzeit und unendlich kleine Amplituden zu reduciren, um T_0 zu erhalten.

Im Intervall zwischen den Anfangs- und Endnotirungen der Durchgangszeiten des schwingenden Magnets durch seine Gleichgewichtslage findet sich Zeit genug, um das logarithmische Decrement bei offenem Multiplikator λ_0 zu ermitteln.

Man liest z. B. zunächst 11 aufeinanderfolgende Elongationen ab, die also 10 Bögen entsprechen; dann lässt man die 9 Elongationen 12 bis 20 unangeschrieben vorübergehen und notirt erst wieder die 21. bis inclusive 31. Elongation, die den Bogen 21 bis 30 entsprechen. Bildet man nun 10 Werthe von Log. $\frac{s_a}{s_b}$, wobei s_a und s_b je den 1. und 21., den 2. und 22. etc. Bogen repräsentiren, nimmt wie früher aus diesen 10 Werthen das Mittel: Log $\frac{S_a}{S_b}$, so ist:

$$\lambda_0 = \tfrac{1}{20} \cdot 2{,}302585 \cdot \text{Log}\, \frac{S_a}{S_b}$$

6. Bestimmung von cotg z und cotg z_0.

Diese Grössen berechnen sich nach den Gleichungen (23) und (27). Heissen wir n das Mittel der Scalen-Ablesungen am Bifilar-Magnet je in seiner Gleichgewichtslage vor und nach, sowie zwischen den einzelnen Beobachtungsreihen zur Ermittelung von λ, so ist:

$$\zeta = (n - n_a) \frac{\varepsilon}{\sin 1''}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

wo ε den Bogenwerth eines Scalentheils darstellt, i. e. $\frac{1}{2E}$, wenn E die Entfernung von Scale und Spiegel bezeichnet.

Entsprechend wird man haben:

$$\zeta_0 = (n_0 - n_a) \frac{\varepsilon}{\sin 1''}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (36')$$

wenn n_0 das Mittel der Scalen-Ablesungen für die Gleichgewichtslage des Magnets bei der Ermittlung von λ_0 resp. T_0 bezeichnet. Wenn wir indessen, wie oben bemerkt wurde, λ_0 während der längere Zeit (bei unsern Versuchen 45^m) in Anspruch nehmenden Schwingungen zur Ermittlung von T_0 bestimmen, so ist n_0 nicht unmittelbar zu beobachten; wir können vielmehr nur die Gleichgewichtslage zu Anfang und am Ende des ganzen Zeitintervalls ablesen. Heissen wir dieses Mittel n_x, so wird sein:

$$n_0 = n_x + (n'_0 - n'_x) \frac{k'}{k}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (37)$$

wenn n'_x das n_x correspondirende Mittel gleichzeitiger Ablesungen an einem Hülfsbifilarmagnetometer zu Anfang und Ende der Schwingungen, n'_0 aber das Mittel dieser und einer Reihe ungefähr äquidistanter Ablesungen am Hülfsbifilar während der ganzen Dauer der Schwingungen, endlich k die Empfindlichkeitsconstante unseres Bifilars und k' diejenige des Hülfsbifilars darstellen. Ist der Torsionswinkel des letzteren z'_a und ε' der Bogenwerth eines Scalentheils bei demselben, so ist:

$$\frac{k'}{k} = \frac{\varepsilon' \,.\, \text{cotang}\, z'_a}{\varepsilon \,.\, \text{cotang}\, z_a}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

Die Ausdrücke für cotg z und cotg z_0 enthalten ausserdem noch die Unbekannten σ und f.

Bestimmung von σ. Denken wir uns, wenn dazu die Einrichtung am Apparat vorhanden ist, beide Faden am obern oder untern Ende, oder auch an einer Verbindungsstelle in ihrer Mitte beide Stücke gegeneinander, um den Winkel ξ im Sinne der Vermehrung der bereits vorhandenen Torsion gedreht und heissen wir die dadurch bewirkte Drehung des ganzen Bifilars aus seiner augenblicklichen, durch $z_a + \zeta'$ charakterisirten Gleichgewichtslage φ', so ergibt sich mit genügender Annäherung:

$$\sigma = \frac{\varphi'.[1 + \zeta'.\operatorname{tang}(z_a + \zeta')]}{\xi - \varphi'.[1 - z_a \operatorname{cotg}(z_a + \zeta')]}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39)$$

Führt man dieselbe Operation aus, während nicht der Magnet, sondern bloss der Torsionsstab im Schiffchen liegt, so berechnet sich σ aus dem in diesem Fall beobachteten Ablenkungswinkel φ'_1 nach der Formel

$$\sigma = \frac{\sin \varphi'_1}{(\xi - \varphi'_1) \cos z_a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39')$$

Um allfällig bereits vorhandene Torsionen in den Fäden hierbei unschädlich zu machen, dreht man die Fäden nach beiden Seiten und nimmt für φ'_1 das Mittel aus beiden Ablenkungswinkeln.

Ist für diese Operationen die erforderliche Einrichtung nicht vorhanden, so dürfte sich σ genau genug nach der theoretischen, aus (21) und (17) folgenden Formel berechnen lassen, nämlich:

$$\sigma = \frac{2\pi \rho^4 e.g.s}{5.l.H.M.\operatorname{cotg}(z_a + \zeta)}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (40)$$

wo s die Zahl der einzelnen Faden von der Dicke 2ρ in jedem Bündel darstellt und für H, M und l angenäherte Werthe zu setzen sind.

Bestimmung von f. Heissen wir φ'' den Winkel, um welchen der Magnet aus seiner augenblicklichen Gleichgewichtslage: $z_a + \zeta''$ abgelenkt wird, wenn wir den Multiplikator aus der Symmetrielage (z_a) um einen Winkel ϑ herausdrehen, so ergibt sich daraus mit genügender Annäherung:

$$f = \frac{\varphi''.[1 + \zeta'' \operatorname{tang}(z_a + \zeta'')]}{\vartheta - \varphi'' - 2\zeta''} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (41)$$

7. Bestimmung der Verhältnisse: $\frac{H_0}{H}$, $\frac{M_0}{M}$, $\frac{N}{N_0}$, $\frac{\operatorname{cotg} z_0}{\operatorname{cotg} z}$.

Aus der Formel (19), welche für die Zeit der Beobachtung des logarith. Decrements bei geschlossenem Multiplikator gilt und einer entsprechenden, bloss durch den Index 0 bei H, M, D und ζ sich unterscheidenden, welche für die Epoche der Bestimmung der Schwingungsdauer und des Decrements λ_0 bei offenem Multiplikator Geltung hat, ergibt sich wieder mit Vernachlässigung von kleinern Grössen zweiter Ordnung:

$$\frac{H_0 M_0}{H.M} = 1 + (\delta + \delta' - \lambda)(t_0 - t) + (\operatorname{tg}\zeta_0 - \operatorname{tg}\zeta)\operatorname{cotg} z_a,$$

oder mit Berücksichtigung der Werthe von ζ_0 und ζ im vorigen Paragraph und der Kleinheit dieser Winkel:

$$\frac{H_0 M_0}{H.M} = 1 + (\delta + \delta' - \lambda)(t_0 - t) + (n_0 - n)\varepsilon.\operatorname{cotg} z_a,$$

wobei wir angenommen haben, dass τ und γ während dieser Zeit constant geblieben seien und das Moment der bifilaren Wage

$$D = \frac{Q.g.d.d'}{4l},$$

sich von der einen Zeit zur andern nur in Folge einer eventuellen Temperaturvariation verändert habe, indem die Verbindungsstücke d und d' der Faden mit den respectiven Ausdehnungscoefficienten δ und δ' und die Faden selbst mit dem Ausdehnungscoefficient a sich bei Erhöhung der Temperatur t zur Zeit der Ermittlung des logarith. Decrements bei geschlossenem Multiplikator zu der Temperatur t_0 bei Bestimmung der Schwingungsdauer vergrössert haben. Damit diese Bedingung in Wirklichkeit erfüllt werde, ist es nöthig, dass die beiderlei Beobachtungen rasch aufeinander folgen und keine beträchtlichen Temperaturänderungen eintreten.

In diesem Fall kann man annehmen, dass auch das Trägheitsmoment N des Magnets mit seiner Suspension nur mit der Temperatur sich verändere und demnach sei:

$$\frac{N}{N_0} = 1 - 2\varkappa\,(t_0 - t),$$

wenn $\varkappa$ den durchschnittlichen linearen Ausdehnungscoefficienten der Substanz des Magnets und seiner Suspension darstellt. Die Hauptmasse wird hierbei die des Magnets sein, also für $\varkappa$ wegen der Kleinheit von $t_0 - t$ (höchstens einige Zehntel Grade) mit genügender Annäherung bloss der Ausdehnungscoefficient des Stahls zu nehmen sein.

Das Verhältniss $\frac{\operatorname{cotg} z_0}{\operatorname{cotg} z}$ könnte erhalten werden, indem man jede einzelne Grösse in der sub (6) erörterten Weise bestimmt und dann ihren Quotienten bildet. Da aber die Bestimmung von $\operatorname{cotg} z_0$ resp. ζ_0 streng nur mit Zuhülfenahme eines zweiten Bifilars möglich ist und andererseits $\operatorname{cotg} z_0$ nur in der obigen Relation vorkommt, die wegen der jedenfalls geringen Verschiedenheit von z_0 und z resp. ζ_0 und ζ sehr wenig von 1 abweichen wird, so genügt für die Bestimmung dieser Verhältnisszahl eine angenäherte Berechnung.

Dividiren wir zu dem Ende die beiden Gleichungen (27) und (33) durcheinander und vernachlässigen in der Entwicklung wieder die höhern Potenzen der Glieder mit ζ und ζ_0, τ und γ, so kommt schliesslich:

$$\frac{\operatorname{cotg} z_0}{\operatorname{cotg} z} = 1 - (\operatorname{tang} \zeta_0 - \operatorname{tang} \zeta) \operatorname{cotg} z_a \frac{1}{1 + \cos 2.z_a}$$

oder wenn wir wieder die ζ_0 und ζ entsprechenden Scalentheile einführen:

$$\frac{\operatorname{cotg} z_0}{\cos g} = 1 - (n_0 - n)\,\varepsilon.\operatorname{cotg} z_a \frac{2}{1 + \cos 2.z_a}$$

Demzufolge ist schliesslich mit Berücksichtigung der Bedeutung von k nach Gleichung (38):

$$\frac{H_0 M_0 \operatorname{cotg} z_0}{H M \operatorname{cotg} z} = 1 + (\delta + \delta' - \varDelta)(t_0 - t) + (n_0 - n)\, k \frac{\cos 2 z_a - 1}{\cos 2 z_a + 1} \quad \ldots \quad (42)$$

und:

$$\frac{H_0 M_0 \operatorname{cotg} z_0 N}{H M \operatorname{cotg} z N_0} = 1 + (\delta + \delta' - \varDelta - 2\varkappa)(t_0 - t) + (n_0 - n) k \frac{\cos 2 z_a - 1}{\cos 2 z_a + 1}, \quad \ldots \quad (42')$$

wo es durchweg genügen wird, für n_0 die sub (6) mit n_x bezeichnete unmittelbar an unserm Bifilar selbst beobachtete Grösse statt des mit Hülfe von Beobachtungen an einem zweiten Bifilar berechneten Werthes zu setzen.

8. Bestimmung der Empfindlichkeits-Constanten C des Multiplikators.

Leiten wir zu einer Zeit, wo die Gleichgewichtslage des Bifilars dem Torsionswinkel $z_a + \zeta_1$ entspricht und die eben stattfindende Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus H_1, das magnetische Moment des Magnets M_1 und das Moment der bifilaren Wage D_1 ist, einen Strom von der Stärke i_1 durch den Multiplikator in dem Sinne, dass er die Wirkung des Erdmagnetismus unterstützt und heissen φ_1 den Ablenkungswinkel des Magnets aus der Lage $z_a + \zeta_1$ in Folge dessen, so ist die Gleichgewichtsbedingung folgende:

$$H_1 M_1 \cos(\zeta_1 + \varphi_1) + i_1 M_1 C \left(1 - \frac{b}{2} \varphi_1^3\right) =$$
$$= D_1 \sin(z_a + \zeta_1 + \varphi_1) + \tau(z_a + \zeta_1 + \varphi_1) + \gamma(\zeta_1 + \varphi_1), \quad \ldots\ldots \quad (43)$$

wobei wir angenommen haben, dass die Symmetrie-Lage des Multiplikators zur Zeit mit dem Magnet zusammenfalle. Wäre dies nicht der Fall, sondern würde die Symmetrie-Ebene beim ursprünglichen Torsionswinkel z_a mit dem Magnet übereingestimmt haben resp. senkrecht zum magnetischen Meridian orientirt worden sein, so wäre im 2. Gliede Links statt $(1 - \frac{b}{2} \varphi_1^2)$ zu setzen: $1 - \frac{b}{2} (\varphi_1 + \zeta_1)^2$.

Ohne Strom würde zur selben Zeit die Gleichgewichtsbedingung des Magnets sein:

$$H_1 M_1 \cos \zeta_1 = D_1 \sin(z_a + \zeta_1) + \tau(z_a + \zeta_1) + \gamma \zeta_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (43')$$

Aus (43) und (43′) folgt, wenn wir die Glieder mit höheren Potenzen der kleinen Grössen $\sigma_1 f_1 \zeta_1$ und φ_1^2 vernachlässigen:

$$i_1 = \frac{H_1 \operatorname{cotg} z_1}{C\left(1 - \frac{b}{2} \varphi_1^2\right)} \sin \varphi_1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (44)$$

wo wir der Kürze halber gesetzt haben:

$$\operatorname{cotg} z_1 = \operatorname{cotg}(z_a + \zeta_1) \left\{\cos \zeta_1 + \sin \zeta_1 \operatorname{tg}(z_a + \zeta_1) + \sigma \left[1 - z_a \left(\operatorname{cotg}(z_a + \zeta_1) - \frac{\varphi_1}{2}\right)\right] + f\right\}. \quad (44')$$

Leiten wir darauf den Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Multiplikator und unterscheiden die für diese Zeit geltenden Werthe von H, M, ζ etc. durch den Index 2, so ist die Gleichgewichtsbedingung des Magnets:

$$H_2 M_2 \cos(\zeta_2 - \varphi_2) - i_2 M_2 C\left(1 - \frac{b}{2}\varphi_2^2\right) = D_2 \sin(z_a + \zeta_2 - \varphi_2) + \\ + \tau(z_a + \zeta_2 - \varphi_2) + \gamma_2(\zeta_2 - \varphi_2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

Aus dieser und der zugehörigen Gleichgewichtsgleichung des Magnets ohne Strom folgt mit entsprechender Vernachlässigung kleiner Glieder höherer Ordnung:

$$i_2 = \frac{H_2 \operatorname{cotg} z_2}{C\left(1 - \frac{b}{2}\varphi_2^2\right)} \sin \varphi_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

wo gesetzt wurde:

$$\operatorname{cotg} z_2 = \operatorname{cotg}(z_a + \zeta_2)\left\{\cos \zeta_2 + \sin \zeta_2 \operatorname{tang}(z_a + \zeta_2) + \right. \\ \left. + \sigma\left[1 - z_a\left(\operatorname{cotg}(z_a + \zeta_2) + \frac{\varphi_2}{2}\right)\right] + f\right\} \quad \ldots\ldots \quad (46')$$

Nach Gleichung (12) wird aber die Stärke J des jeweilen gleichzeitig in der Tangenten-Boussole kreisenden Stammstromes vom Zweigstrom i_m gemessen durch:

$$J = \frac{H'}{K} \cdot \operatorname{tang} \varphi \,.\, (1 + \theta'),$$

wo durch Indices 1, 2 etc. an J, H' und ψ anzudeuten wäre, dass diese Grössen für dieselbe Zeit, wie die betreffenden entsprechend bezeichneten Werthe beim Multiplikator gelten. Da nun unabhängig von den Schwankungen der absoluten Stromstärke allgemein, nach (12), sein wird:

$$\frac{J_1}{i_1} = \frac{J_2}{i_2} = \frac{J_3}{i_3} \text{ etc.} = 1 + \frac{w_m}{w_s},$$

ferner:

$$\frac{H_1}{H_1'} = \frac{H_2}{H_2'} = \frac{H_3}{H_3'} \text{ etc.} = L, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (47)$$

wo L das durch den Local-Einfluss bedingte Verhältniss der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus am Ort des Multiplikators: H und am Ort der Tangenten-Boussole: H' darstellt, so wird man, wenn 4 gleichzeitige Ablesungen am Multiplikator gemacht werden, wobei je zuerst an der Tangenten-Boussole, dann am Multiplikator und schliesslich wieder an der erstern der Strom gewendet wird, durch Combination erhalten:

$$C = K \frac{L\left(1 + \frac{w_m}{w^s}\right)}{4(1 + \theta')} \left\{ \frac{\operatorname{cotg} z_1}{1 - \frac{b}{2}\varphi_1^2} \frac{\sin \varphi_1}{\operatorname{tang} \psi_1} + \frac{\operatorname{cotg} z_I}{1 - \frac{b}{2}\psi_I^2} \frac{\sin \varphi_I}{\operatorname{tang} \psi_I} + \right. \\ \left. + \frac{\operatorname{cotg} z_2}{1 - \frac{b}{2}\varphi_2^2} \frac{\sin \varphi_2}{\operatorname{tang} \psi_2} + \frac{\operatorname{cotg} z_{II}}{1 - \frac{b}{2}\varphi_{II}^2} \frac{\sin \varphi_{II}}{\operatorname{tang} \psi_{II}} \right\}, \quad \ldots\ldots \quad (48)$$

wo wir mit z_I und φ_I, sowie z_{II} und φ_{II} diejenigen Werthe bezeichnet haben, welche je bei Umkehrung des Stroms bloss in der Tangenten-Boussole beobachtet worden sind und wo der so erhaltene Werth von C für die mittlere Temperatur t_m des Multiplikators bei diesen Beobachtungen gilt. Ist diese Temperatur erheblich verschieden von derjenigen, welche bei Bestimmung des logarith. Decrements bei geschlossenem Multiplikator stattfand, so muss noch eine Temperatur-Correction an C angebracht werden, welche z. B. durch Ermittlung des Verhältnisses von C und K bei verschiedenen Temperaturen bestimmt werden kann.

Die Winkel φ_1, φ_I, φ_2 etc. sind aus den jeweilen beim Multiplikator abgelesenen Scalentheilen n_1, n_I, n_2 etc. nach den Formeln:

$$\left.\begin{aligned} \text{tang } 2\,(\varphi_1 + \zeta_1) &= \tfrac{n_1 - n_a}{E}\,, \\ \text{tang } 2\,(\zeta_2 - \varphi_2) &= \tfrac{n_2 - n_a}{E}\,, \text{ etc.} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (49)$$

und ζ_1, ζ_2, etc. nach den Ausdrücken:

$$\left.\begin{aligned} \zeta_1 &= \left[n_x + (n_1' - n_x')\,\tfrac{k'}{k} - n_a\right] \tfrac{\varepsilon}{\sin 1''} \\ \zeta_2 &= \left[n_x + (n_2' - n_x')\,\tfrac{k'}{k} - n_a\right] \tfrac{\varepsilon}{\sin 1''} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (49')$$

zu berechnen, in welch' letztern Ausdrücken n'_1, n'_2 die mit n_1, n_2 etc. gleichzeitigen Ablesungen an einem Hülfsbifilar, n_x das Mittel aus den Gleichgewichts-Ablesungen am Multiplikator Magnet vor und nach den Ablenkungen, n'_x das entsprechende Mittel gleichzeitiger Beobachtungen am Hülfsbifilar, endlich k und k' wie in Gleichung (37) die durch den Ausdruck (38) gegebenen Empfindlichkeitsconstanten des Multiplikator-Bifilars und des Hülfsbifilars darstellen, bei beiden für wachsende Horizontal-Intensität Bewegungen nach wachsenden Scalentheilen vorausgesetzt.

Die Winkel ψ_1, ψ_I, ψ_2 etc. sind aus den bei der Tangenten-Boussole abgelesenen Scalentheilen: u_1, u_I, u_2 etc. nach der Formel:

$$\text{tang } 2\,\psi_1 = \frac{u_1 - u_x - (u'_1 - u'_x)\,\frac{\vartheta'}{\vartheta}}{\mathfrak{D}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (50)$$

zu berechnen, wo $\mathfrak{D}$ die Entfernung von Scale und Spiegel bei der Tangenten-Boussole, ferner $\vartheta = \frac{1}{2\mathfrak{D}}$ i. e. der Bogenwerth eines Scalentheils bei derselben, u_x das Mittel der vor und nach den Ablenkungen beobachteten Gleichgewichtslagen des Boussolen-Magnets in Scalentheilen, endlich u'_1 und u'_x die gleichzeitig mit u_1 und u_x abgelesenen Scalentheile bei einem Variations-Declinatorium und $\vartheta' = \frac{1}{2\mathfrak{D}'}$ den Bogenwerth eines Scalentheils beim letztern darstellen.

9. Bestimmung des Verhältnisses L der Horizontal-Intensitäten H am Ort des Multiplikators und H' am Ort der Tangenten-Boussole.

Dieses Verhältniss wird am sichersten durch Beobachtung der Schwingungsdauer eines und desselben Magnets am Ort des Multiplikators und am Ort der Tangenten-Boussole ermittelt, da die Bestimmung dieser Grösse leicht eine bedeutende Genauigkeit zulässt.

Ist der Magnet dabei unifilar aufgehängt und sein magnetisches Moment bei 0^0: M_0, das Trägheitsmoment seiner Aufhängung bei 0^0: N_0, das Torsionsverhältniss desselben θ_1, so ergibt die Beobachtung seiner Schwingungsdauer T_1 am Ort des Multiplikators und bei t^0_1:

$$H_1 M_0 = \frac{\pi^2 N_0 (1 + 2\varkappa t_1)}{T_1^2 (1 + \nu' H_1)(1 - \mu t_1)(1 - 0{,}00003808\, \alpha_1^2 + \theta_1)},$$

wo μ den Temperatur-Coefficienten des Magnets darstellt und die übrigen Grössen die früher schon angegebene Bedeutung haben und vorausgesetzt ist, dass der Magnet zwar die Stelle des Bifilar-Magnets einnehme, aber der eventuell eisenhaltige Multiplikator entfernt sei. Ist dies nicht der Fall, so ist Rechts im Nenner noch der Factor: $1 + f$ hinzuzufügen, wo f nach (14′) bestimmt wird.

Am Ort der Tangenten-Boussole ergibt die Beobachtung der Schwingungsdauer T_2 bei der Temperatur t_2 und beim Torsionsverhältniss θ_2, falls der Magnet dort an Stelle des Magnets der Tangenten-Boussole an einem andern Faden aufgehängt wird, und angenommen wird, dass sich inzwischen am Ort des Multiplikators die Horizontal-Intensität von H_1 zu H_2 verändert habe:

$$\frac{H_2 M_0}{L} = \frac{\pi^2 N_0 (1 + 2\varkappa t_2)}{T_2^2 \left(1 + \nu' \frac{H_2}{L}\right)(1 - \mu t_2)(1 - 0{,}00003808\, \alpha_2^2 + \theta_2)}$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt aber wegen der Kleinheit von ν' genau genug:

$$L = \frac{H_2}{H_1} \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2} [1 + (2\varkappa + \mu)(t_1 - t_2) + 0{,}00003808\, (\alpha_1^2 - \alpha_2^2) + \theta_2 - \theta_1] \quad (51)$$

wo wir rechts in der Klammer noch die Grösse $-f$ hinzuzufügen hätten, wenn der eisenhaltige Multiplikator an seiner Stelle geblieben wäre. Sind die gleichzeitigen Ablesungen am Hülfsbifilar während der Ausführung dieser beiden Schwingungsdauer-Beobachtungen im Mittel resp n'_2 und n'_1, so ist auch:

$$\frac{H_2}{H_1} = 1 + (n'_2 - n'_1) \cdot k', \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51')$$

wo k' dieselbe Bedeutung wie in (38) hat.

Bei dieser Bestimmung von L wird indessen ein Umstand nicht mit berücksichtigt sein, der auch eine Verschiedenheit der Intensitäten des Erdmagnetismus am Ort des Multipli-

kators und der Tangenten-Boussole bewirkt haben kann, nämlich der gegenseitige Einfluss der Magnete dieser zwei Instrumente aufeinander zur Zeit der Empfindlichkeitsbestimmung. Damit dieser Einfluss klein sei, wird in Anbetracht des Umstandes, dass der Multiplikator-Magnet viel grösser als derjenige der Tangenten-Boussole und transversal aufgehängt ist, die günstigste relative Lage dieser zwei Instrumente offenbar die sein, wo das Centrum des einen im magnetischen Meridian durch das andere sich befindet und beide Magnete in dieselbe Horizontale fallen. In diesem Falle ist nach Gauss[1]) die Veränderung, welche der bifilar aufgehängte Multiplikator-Magnet am Ort der Tangenten-Boussole in der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus bewirkt, gegeben durch:

$$dH = \frac{2M}{r^3} \sin \zeta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51'')$$

wenn M das magnetische Moment jenes Magnets, ζ den Winkel seiner Axe mit der Normalen zum magnetischen Meridian und r die Entfernung der Mittelpunkte der Magnete darstellen.

Umgekehrt ist die Veränderung der Horizontal-Intensität am Ort des Multiplikators durch den Magnet der Tangenten-Boussole gegeben durch:

$$dH' = \frac{2m}{r^3} \cos \zeta' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51''')$$

wenn m das magnetische Moment des letztern und ζ' den Winkel seiner Axe mit dem magnetischen Meridian repräsentirt.

10. Bestimmung des Temperaturcoefficienten μ des Magnets.

Wenn wir zu diesen Schwingungsbeobachtungen den Magnet des Multiplikator-Bifilars benutzen, so lässt sich der Temperatur-Coefficient am besten durch Beobachtung der Gleichgewichtslage desselben bei verschiedenen Temperaturen ableiten. Wir haben nämlich, wenn bei den Temperaturen t_1 und t_2 die Ablesungen an unserm Bifilar n_1 und n_2 und die gleichzeitigen am Hülfsbifilar: n'_1 und n'_2 sind:

$$\mu = \frac{(n_2 - n_1)\, k - (n'_2 - n'_1)\, k'}{t_1 - t_2} - (\delta + \delta' - \lambda) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (52)$$

11. Bestimmung des Widerstandsverhältnisses $\frac{w_m}{w_s}$.

Das Verhältniss des Widerstands w_m des Multiplikator-Zweiges zu dem Widerstand w_s des Shunt-Zweiges, sowie des Widerstandes W des in sich geschlossenen Multiplikators

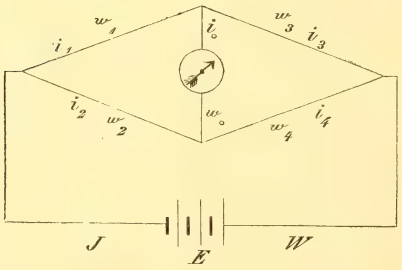
1) Resultate des magnet. Vereins für 1840, S. 26.

zu dem einer Siemens'schen Einheit, soll vermittelst der Wheatstone'schen Brücken-Combination bestimmt werden. Wollen wir dabei wieder eine Genauigkeit von 0,0001 erreichen, so sind die Umstände, welche das Gelingen ermöglichen, etwas genauer zu erörtern.

Der Multiplikatordraht besteht aus Kupfer, der Shunt-Zweig, ein Theil des Multiplikator-Zweiges, sowie die Siemens'sche Einheit aus Neusilberdraht. Es sind nun die Temperatur-Coefficienten des specifischen Widerstandes dieser Metalle pro 1° des hunderttheiligen Thermometers:

bei Kupfer: 0,00361,
» Neusilber: 0,00039.

Will man daher den Widerstand der Neusilberdrähte bis auf 0,0001 sicher kennen, so muss ihre Temperatur bis zu ungefähr $\pm 0°3$ genau bekannt sein, beim Kupfer aber ist zu dem Ende eine 10 Male grössere Genauigkeit der Temperaturbestimmung nöthig. Soll nun die Temperatur eines Drahtes und insbesondere der grossen, von schlechtleitenden Hüllen umgebenen Kupfermasse des Multiplikators bis auf $\pm 0°03$ sicher mittelst eines Thermometers ermittelt werden, so ist dies nur bei äusserster Sorgfalt und besonders unter Vermeidung irgendwie erheblicher Temperatur-Aenderungen während der Dauer der Messungen möglich.

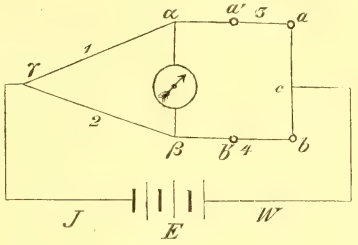


Damit der Strom i_0 in dem Galvanometerzweig des beistehenden Schemas der Wheatstone'schen Brücke verschwinde, muss bekanntlich die Gleichung bestehen:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4}$$

Angenommen, es befinde sich in dem Zweig w_3 ein ganz gestöpselter Widerstandskasten, so wird der Widerstand eines Leiters offenbar am einfachsten nach dem Princip der Bordaschen Wägung auf einer Schale in der Art bestimmt werden, dass man den fraglichen Leiter in den Zweig 3 einschaltet, das obige Gleichgewicht durch Veränderung des Widerstandes w_4 herstellt, darauf den Leiter aus- und dafür im Widerstandskasten durch Ziehen von Stöpseln so viel Widerstand einschaltet, bis bei unverändertem Verhältniss $\frac{w_1}{w_2}$ (Verhältniss der Wagarme) und bei constantem w_4 (constanter Tara) der Strom im Galvanometer wieder verschwindet. Dann ist der gesuchte Widerstand gleich dem zuletzt eingeschalteten.

— Nun enthalten die Widerstandskasten gewöhnlich keine kleinern Widerstände als 0,1 *S. E.*, so dass durch blosse Stöpselung nur diese ungenügende Genauigkeit zu erzielen wäre. Führen wir deshalb in der Wheatstone'schen Brücke die nebenstehende Modification ein, d. h. lassen einen Theil der Zweige 3 und 4 aus einem ausgespannten Drahte $a\,b$ bestehen, auf welchem das Ende c des Stammstromdrahtes gleitet, so hat man, wenn wir uns in a eine Einschaltestelle für den zu bestimmenden Widerstand x und in a' den Normal-Widerstandskasten, in b eine Einschaltestelle im andern Zweig und in b' einen Hülfswiderstandskasten denken, so wird man bei Einschaltung von x im Zweige 3 bei a und eines passenden Widerstandes r_4 im Kasten bei b' für die Annullirung des Stromes i_0 haben:



$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3 + x}{w_4 + r_4}$$

Schaltet man jetzt x aus und dafür am Widerstandskasten in a': r_3 ein und verschiebt ausserdem zur Annullirung des Stromes i_0 den Contact c von a nach b hin um die Widerstandsgrösse v des ausgespannten Drahtes, so ist:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3 + r_3 - v}{w_4 + r_4 + v}$$

Aus beiden Gleichungen folgt:

$$x = r_3 - v\left(1 + \frac{w_1}{w_2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (53)$$

Nur wenn $\frac{w_1}{w_2}$ eine sehr wenig von 1 verschiedene Grösse oder dann v sehr klein ist, vereinfacht sich also diese Gleichung zu:

$$x = r_3 - 2v. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (53')$$

Sind jene Bedingungen nicht erfüllt, so muss man bei diesem Verfahren, um die Bestimmung von w_1 und w_2 zu umgehen, auch, wie bei der zweiten Methode, jeweilen zu jeder der vorigen Messungen noch eine weitere hinzufügen, bei welcher man die Zweige 1 und 2 vertauscht, indem man das Ende von α nach β und dasjenige von 2 von β nach α bringt.

Wir erhalten dann folgende Doppel-Gleichungen:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3 + x}{w_4 + r_4} = \frac{w_4 + r_4 + v}{w_3 + x - v}$$

und

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3 + r_3 - v_1}{w_4 + r_4 + v_1} = \frac{w_4 + r_4 + v_2}{w_3 + r_3 - v_2}$$

Aus der ersten folgt aber:

$$w_3 + x = w_4 + r_4 + v$$

und aus der zweiten:

$$w_3 + r_3 = w_4 + r_4 + v_2 + v_1.$$

Somit:

$$x = r_3 - (v_2 + v_1 - v) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (53'')$$

Hier ist also v_1 an die Stelle der frühern v getreten, während jetzt v die Verschiebung des Contactes bei der ersten, v_2 diejenige bei der zweiten Vertauschung der Zweige 1 und 2, darstellt.

Bisweilen, und dies war auch bei unseren Untersuchungen der Fall, geht es nicht gut an, diese Methode zu benutzen, sondern ist diejenige anzuwenden, welche der Gauss'schen Methode der Wägung mit Vertauschung der Gewichte auf den Wagschalen entspricht.

In diesem Fall bestimmt man zuerst ohne Einschaltung von Widerständen den Punkt auf dem ausgespannten Draht, der dem Gleichgewicht $i_0 = 0$ entspricht; für diese Stellung sei:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4}.$$

Vertauscht man wie vorhin die Zweige 1 und 2 und verschiebt den Contact um v bis zur neuen Herstellung des Gleichgewichts $i_0 = 0$, so wird jetzt sein:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_4 + v}{w_3 - v}.$$

Darauf schaltet man in den Zweig 3 den zu bestimmenden Widerstand x und in 4 einen bekannten Widerstand r_4 vom Widerstandskasten ein. Zur Erzielung des Verschwindens des Stromes im Galvanometer müsse nunmehr der Contact c von b nach a hin von der ursprünglichen Stellung aus um v_1 verschoben werden, so ist dann:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3 + x - v_1}{w_4 + r_4 + v_1}.$$

Eine Vertauschung der Zweige 1 und 2, die statt v_1 eine Verschiebung v_2 des Contactes erheischt, gibt schliesslich:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_4 + r_4 + v_2}{w_3 + x - v_2}.$$

Aus diesen 4 Gleichungen ergibt sich analog wie oben:

$$x = r_4 + v_2 + v_1 - v, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (54)$$

welche sich zu:

$$x = r_4 + 2v' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (54')$$

vereinfacht, wenn w_1 sehr nahe $= w_2$ ist, also $v = 0$ und $v_1 = v_2 = v'$ wird.

In beiden Fällen können wir also die Bestimmung der Zweigwiderstände w_1 und w_2 entweder dadurch, dass wir sie gleich machen, oder dann durch jeweilige Vertauschung derselben bei jeder Operation etwa vermittelst eines Commutators umgehen.

Wir haben endlich noch zu untersuchen, welches Verhältniss in diesem speciellen Fall die beiden Widerstände w und w' einzugehen haben, damit der Apparat am empfindlichsten ist. Es sei also:

$$w_1 = w_2 = w$$

und

$$w_3 = w' + v, \qquad w_4 = w' - v,$$

wo v eine kleine Grösse darstelle, so ist der alsdann im Galvanometerzweig auftretende Strom gegeben durch:

$$i_0 = \frac{2v\,ww'.E}{w'[2W + w + w'][w_0(w + w') + 2ww'] + v^2w.w_0},$$

wo wir in der ersten Klammer des Nenners das Glied $-\frac{v^2}{w'}$ als sehr klein vernachlässigt haben und wo E die electromotorische Kraft der Batterie im Stammstrom, W den gesammten Widerstand des letzteren und w_0 denjenigen des Galvanometer-Zweiges darstellen. Hieraus folgt aber, dass der Werth von i_0 caeteris paribus ein Maximum wird, wenn:

$$w = w'\sqrt{\frac{1 + 2\,\frac{W}{w'}}{1 + 2\,\frac{w'}{w_0}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (55)$$

wird. Es ist also im Allgemeinen der Widerstand w der constanten Zweige 1 und 2 demjenigen des zu verificirenden Widerstandes im Zweige 3 anzupassen, daher die Bordasche Methode der Gauss'schen vorzuziehen.

Die nach den Gleichungen (53′) und (54′) unmittelbar erhaltenen Widerstände sind eventuell noch in Betreff der Temperatur zu corrigiren, indem w_m und w_s für die Temperatur, welche bei der Empfindlichkeitsbestimmung (8) des Multiplikators stattgefunden hat, bekannt sein muss, während der Widerstand W des Multiplikators in seinem Vergleich zur Siemens'schen Einheit für die Temperatur zu ermitteln ist, welche bei der Bestimmung des logarith. Decrements mit geschlossenem Multiplikator herrschte.

12. Bestimmung der Constanten K der Tangenten-Boussole.

Für einen Kreisstrom vom Radius R, dessen Ebene parallel zum magnetischen Meridian orientirt und seitwärts von einer Magnetnadel in der Entfernung D so aufgestellt ist, dass die Verbindungslinie der Mitte der Nadel und des Kreiscentrums senkrecht auf der

Ebene des magnetischen Meridians steht, ist nach übereinstimmenden Berechnungen von verschiedenen Forschern[1]) die Grösse K in der Formel (12) der Tangenten-Boussole mit genügender Annäherung gegeben durch:

$$K = \frac{2\pi R^2}{(R^2+D^2)^{\frac{3}{2}}}\left\{1 - \frac{3.l^2.(4D^2-R^2)}{4.(R^2+D^2)^2}(1-5.\sin^2\psi) + \right. \\ \left. + \frac{45.l^4.(8D^4-12D^2R^2+R^4)}{64\,(R^2+D^2)^4}(1-14\sin^2\psi+21\sin^4\psi)\right\}, \quad \ldots (56)$$

wo l den Abstand der Pole des Magnets von seinem Mittelpunkt resp. seiner vertikalen Drehungsaxe darstellt und als klein gegenüber $\sqrt{R^2+D^2}$ vorausgesetzt ist. Für den speciellen Fall, wo:

$$4D^2 = R^2 \text{ oder } D = \frac{R}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (57)$$

ist, geht obiger Ausdruck über in:

$$K = \frac{4{,}4959}{R}\left[1 - 0{,}43200\,\frac{l^4}{R^4}(1-14\sin^2\psi+21\sin^4\psi)\right] \quad \ldots\ldots (58)$$

Da nun für einen Maximumswerth von $\psi = 3^1/_2{}^\circ$ das 2. grössere Glied in dem Factor von $\frac{l^4}{R^4}$ erst 0,05 wird, so ist das ganze Correctionsglied in der Klammer kleiner als $\frac{5}{100{,}000}$, wenn die Entfernung der beiden Pole von einander beim Magnet bloss $^1/_{10}$ des Durchmessers des Kreisstromes beträgt.

Ist die letztere Bedingung erfüllt, so wird also offenbar auch bei nicht ganz genauer Erfüllung der erstern Bedingung (57) doch das 3. Glied in der Klammer des Ausdruckes (56) für K als sehr klein zu vernachlässigen sein.

Nehmen wir jetzt an, es befinde sich beiderseits vom Kreisstrom, für welchen angenähert: $D = \frac{R}{2}$ ist, noch je ein paralleler Strom von gleichem Radius im Abstand von $n\Delta$ von demselben, so wird der Ausdruck für K werden:

$$K = \frac{2\pi}{R}\left\{\left[1+\left(\frac{D}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}} + \left[1+\left(\frac{D+n\Delta}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}} + \left[1+\left(\frac{D-n\Delta}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}} - \right. \\ - \frac{3}{4}\frac{l^2}{R^2}(1-5\sin^2\psi)\left[\frac{\left(\frac{2D}{R}\right)^2-1}{\left\{1+\left(\frac{D}{R}\right)^2\right\}^{\frac{7}{2}}} + \frac{\left(\frac{2D+2n\Delta}{R}\right)^2-1}{\left\{1+\left(\frac{D+n\Delta}{R}\right)^2\right\}^{\frac{7}{2}}} + \right. \\ \left. \left. + \frac{\left(\frac{2D-2n\Delta}{R}\right)^2-1}{\left\{1+\left(\frac{D-n\Delta}{R}\right)^2\right\}^{\frac{7}{2}}}\right]\right\}.$$

1) Siehe z. B. G. Wiedemann, Galvanismus, 2. Auflage Bd. II, 1, S. 186. Braunschweig bei Vieweg & Sohn, 1873.

Bedenken wir, dass $\frac{n\Delta}{R}$ jedenfalls eine kleine Grösse, etwa von der Ordnung von $\frac{l}{R}$ und $\frac{D}{R}$ angenähert $= \frac{1}{2}$ ist, so gibt die Entwicklung nach dem Taylor'schen Satze mit Vernachlässigung der höheren Glieder von $\frac{n\Delta}{R}$ als der 4. Potenz und bei Summation für u Kreisströme beiderseits des mittlern, deren Abstände von einander je Δ sein möge:

$$K = \frac{2\pi}{R} \frac{1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 1 + 2u + 3\left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 \cdot \frac{4\frac{D^2}{R^2} - 1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^2} \sum_{n=1}^{n=u} n^2 + \right.$$

$$+ \frac{15}{4}\left(\frac{\Delta}{R}\right)^4 \frac{8\frac{D^4}{R^4} - 12\frac{D^2}{R^2} + 1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^4} \sum_{n=1}^{n=u} n^4 -$$

$$\left. - \frac{3}{4}\frac{l^2}{R^2}(1 - 5\sin^2\psi)\left[\frac{4\frac{D^2}{R^2} - 1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^2}\left(1 + 2u - 7\left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 \frac{\frac{D^4}{R^4} - 7\frac{D^2}{R^2} + 1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^2} \sum_{n=1}^{n=u} n^2\right) - \right.\right.$$

$$\left.\left. - 8\left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 \frac{6\frac{D^2}{R^2} - 1}{\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^3} \sum_{n=1}^{n=u} n^2\right]\right\}. \quad (59)$$

Setzen wir hier wieder in den Correctionsgliedern 2. Ordnung innerhalb der Klammer:

$$\frac{D}{R} = \frac{1}{2},$$

während wir wegen allfällig nicht ganz genauer Erfüllung dieser Bedingung in den Gliedern erster Ordnung $\frac{D}{R}$ beibehalten, so kommt schliesslich:

$$K = \frac{2\pi(1 + 2u)}{R\left(1 + \frac{D^2}{R^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 1 - \frac{288 \cdot \Delta^4}{(1 + 2u)\,125 \cdot R^4} \sum_{n=1}^{n=u} n^4 + \frac{192 \cdot \Delta^2 l^2 (1 - 5\sin^2\psi)}{125 \cdot R^4 (1 + 2u)} \sum_{n=1}^{n=u} n^2 \right\}, \quad (60)$$

wo also die Grösse $1 + 2u$ nichts anderes bedeutet als die Gesammt-Zahl aller Kreisströme auf der Rolle und wo der erhaltene Werth von K für die Temperatur τ gilt, bei welcher die Grössen R und D vermittelst eines Maassstabes ausgemessen worden sind. Hat man hierbei unmittelbar am Maassstab für R die Länge R' und für D die Länge D' abgelesen, so werden die wahren Längen sein:

$$R = R'(1 + m\tau), \qquad D = D'(1 + m\tau), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (60')$$

wenn der Maassstab seine wahre Länge bei 0° hat und m sein linearer Ausdehnungscoefficient ist.

Bedarf man aber in Gleichung (48) den Werth von K nicht für τ°, sondern etwa für τ_m°, so wird, wenn R den linearen Ausdehnungscoefficienten r und D als solchen d hat, sein:

$$K_{\tau_m} = K_\tau \left\{1 + \left[r + \frac{3D^2}{R^2 + D^2}(d - r)\right](\tau - \tau_m)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (60'')$$

13. Bestimmung des Quotienten $\frac{M}{H}$.

Wenn wir den Bifilar-Magnet des Multiplikators aus demselben herausnehmen und in der Senkrechten zum magnetischen Meridian durch den Mittelpunkt des Multiplikators parallel zu dieser hinlegen, im Multiplikator selbst aber an seiner Stelle einen andern Magnet vom magnetischen Moment M' unifilar aufhängen und den Multiplikator jetzt parallel zu diesem orientiren, so ergibt die beobachtete Ablenkung v_1 des letztern Magnets aus dem magnetischen Meridian:

$$\frac{M_1}{H_1} = \frac{E^3 \operatorname{tang} v_1 (1 + 3mt_1)(1 + \theta'')\, 1 + f'')}{2(1 + 2v' M'' E^{-3} \sin v_1)} \left(1 + \frac{p_1}{E^2(1 + 2mt_1)} + \frac{r_1}{E^2(1 + 2mt_1)} + \right.$$
$$\left. + \frac{q_1}{E^4(1 + 4mt_1)} + \ldots\ldots\right), \quad (61)$$

wo M_1 H_1 t_1 etc. die zur Zeit der Beobachtung der Ablenkung v_1 geltenden Werthe des magnetischen Moments des Bifilar-Magnets, der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und der Temperatur, E die Entfernung der Magnetmittelpunkte, wie sie bei t_1° durch Abmessung mittelst eines Maassstabs gefunden wurde, dessen linearer Ausdehnungscoefficient m ist und der seine wahre Länge bei 0° besitzt. θ'' und f'' repräsentiren analog wie oben den Torsions-Einfluss und den Einfluss des Eisens im Multiplikator auf den Unifilar-Magnet, dessen magnetisches Moment M'' sein möge. Endlich haben nach den Entwicklungen von Lamont[1]) und den kürzlich von Herrn O. Chwolson auch mit Berücksichtigung der Quer-Dimensionen der Magnete bei ihrer gegenseitigen Einwirkung aufgestellten Formeln[2]) die Constanten p_1, r_1 und q_1 folgende Bedeutung. Es ist:

$$p_1 = \left(\frac{c}{2}\right)^2 \left[2L^2 - 3\,(1 - 5\,\sin^2 v_1)\, L''^2\right],$$
$$r_1 = \left(\frac{c'}{2}\right)^2 \left[\frac{15}{4} B''^2 (1 - 3\,\sin^2 v_1) - \frac{3}{4}(B''^2 + B^2 + A''^2 + A^2)\right], \quad (61')$$
$$q_1 = \left(\frac{c}{2}\right)^4 \left[3L^4 - 15\,(1 - 5\,\sin^2 v_1) L^2 L''^2 + \frac{45}{8}(1 - 14\sin^2 v_1 + 21\,\sin^4 v_1) L''^4\right],$$

wo L die Länge, B die Breite und A die Dicke (Höhe) des Bifilar-Magnets und L'' B'' A''

---

1) Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, S. 28 und 45.

2) Mémoires de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg, T. XXXI, № 10, Mai 1883.

die entsprechenden Dimensionen beim Unifilar-Magnet darstellen und c den Bruchtheil der halben Länge des Magnets repräsentirt, um welchen die den freien Magnetismus enthaltenden Querschnitte von der Mitte abstehen, c' aber entsprechend den Bruchtheil der Querdimensionen darstellt, um welchen in dem letztern die 4 fingirten Pole von der Axe des Stabes entfernt sind.

Da bei Messung des Ablenkungswinkels v_1 vermittelst Spiegelablesung durch Fernrohr und Scale dieser Winkel gewöhnlich $3^1/_2{}^\circ$ nicht überschreiten darf, so wird die Entfernung E der Magnete gegen ihre eigene Dimension jedenfalls so gross sein, dass in der letzten Parenthese des Ausdruckes (61) die höheren Glieder der Reihe als die dort aufgeführten verschwindend klein sein werden.

Die unbekannten Constanten der 3 ersten Glieder könnten nun allerdings nach den Ausdrücken (61′) aus den gegebenen Dimensionen der Magnete berechnet werden, doch sind die Grössen c und c' nur angenähert bekannt, d. h. variiren bei verschiedenen Magneten ungefähr zwischen den Grenzen 0,85 — 0,90. Damit diese Unsicherheit die Resultate ihrer Berechnung weniger fehlerhaft erscheinen lasse, ist es daher räthlich, gemäss diesen Ausdrücken die Verhältnisse der Dimensionen der Magnete so zu wählen, dass diese Glieder nahezu von selbst verschwinden.

Demgemäss wird:

$$r_1 = 0,$$

wenn man hat:

$$B''^2\,(4-15.\,\sin{}^2 v_1) = B^2 + A^2 + A''^2.$$

Angenommen es sei:

$$A = \alpha\,.\,B \quad \text{und} \quad A'' = \alpha''.\,B,$$

so kommt:

$$\left(\frac{B''}{B}\right)^2 = \frac{1 + \alpha^2 + \alpha''^2}{4 - 15\,\sin{}^2 v_1}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (62)$$

aus welcher Gleichung sich also das Verhältniss der Breiten-Dimensionen der beiden Magnete ausrechnen lässt, durch welches unabhängig vom Werthe c' das zweite Glied mit r_1 verschwindet.

Das erste und dritte Glied aber werden sich gegenseitig aufheben, wenn wir über das Verhältniss der Längen der Magnete etc. so disponiren, dass:

$$\frac{p_1}{E^2} + \frac{q_1}{E^4} = 0$$

wird. Die Einsetzung der obigen Werthe von p_1 und q_1 gibt:

$$\left(\frac{L''}{L}\right)^2 = \frac{4}{3}\left[1 + \frac{1}{5}\left(\frac{2E}{cL}\right)^2\right]\frac{1-5\sin^2 v_1}{1-14\sin^2 v_1 + 21\sin^4 v_1}\left\{1 \pm \right.$$

$$\left. \pm \sqrt{1 - \frac{3}{10}\frac{\left[1 + \frac{2}{3}\left(\frac{2E}{cL}\right)^2\right]\left(1-14\sin^2 v_1 + 21\sin^4 v_1\right)}{\left[1 + \frac{1}{5}\left(\frac{2E}{cL}\right)^2\right]^2\left(1-10\sin^2 v_1 + 25\sin^4 v_1\right)}}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(63)}$$

Unter Erfüllung der durch (62) und (63) definirten Bedingungen vereinfacht sich dann die Gleichung (61) zu folgender, wenn man zugleich berücksichtigt, dass $2\,\gamma'\,M''\,E^{-3}\sin v_1$ eine sehr kleine Grösse 2. Ordnung ist:

$$\frac{M_1}{H_1} = \frac{E^3}{2}\,\text{tang}\,v_1\,[1 + 3\,m\,t_1 + \theta'' + f'''] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(61')}$$

Die Bestimmung von θ'' und f''' erfolgt hier in der durch die Gleichungen (8), (8'), (14) und (14') definirten Weise. Ueber die bei Ermittelung von E zu beobachtenden Umstände habe ich in meiner Abhandlung: «Ueber die Genauigkeit absoluter Bestimmungen des Erdmagnetismus»[1]) bereits ausführlich gesprochen. Der Ablenkungswinkel v_1 endlich wird nach der Formel:

$$\text{tang}\,2\,v_1 = \frac{u_1'' - u''_x - (u_1' - u'_x)\frac{\vartheta'}{\vartheta''}}{\vartheta''}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(64)}$$

zu berechnen sein, wenn u_1'' die entsprechende Ablesung an der Scale des Unifilar-Magnets, u_x' das Mittel der Ablesungen der Gleichgewichtslagen dieses Magnets vor und nach den Ablenkungen, ϑ'' die Entfernung von Scale und Spiegel bei diesem Instrument, u_1' und u_x' die den obigen entsprechenden gleichzeitigen Lesungen am Variationsdeclinatorium und $\vartheta'' = \frac{1}{\vartheta''}$ der Bogenwerth eines Scalentheils beim Unifilar des Multiplikators (siehe auch Formel (50)) darstellen.

Indem man in der üblichen Weise den Magnet zuerst im Osten des Unifilars mit Nordpol nach Ost gewendet, dann mit Nordpol nach West gekehrt hinlegt, ihn darauf auf die West-Seite bringt und auch wieder die Ablenkungen für Nordpol nach West und nach Ost gewendet beobachtet, erhält man 4 Gleichungen von der Form von (61'). Unterscheiden wir dabei die veränderlichen Grössen durch die Indices 1, 2, 3, 4 und berücksichtigen, dass man zur Beziehung der Werthe von H_1, M_1, H_2, M_2, etc. auf die Werthe H und M zur Zeit der Bestimmung des logarithmischen Decrements bei geschlossenem Multiplikator hat:

$$M_1 = M.\,[1 - \mu\,(t_1 - t)],$$
$$H_1 = H.\,[1 + (n_1' - n')\,k']\,^2), \text{ etc.}$$

---

1) Repertorium für Meteorologie B. VIII, № 7, Januar 1883.

2) Wenn nämlich, wie wir es oben vorausgesetzt haben, der Unifilarmagnet genau die Stelle des Bifilar-Magnets

wo n_1' die gleichzeitige Ablesung am Hülfsbifilar, n' die mittlere zur Zeit der Bestimmung des logarith. Decrements gemachte und k' die Empfindlichkeitsconstante dieses Bifilars, endlich t die Mitteltemperatur des Bifilarmagnets bei Bestimmung des logarith. Decrements darstellen, so gibt die Combination der 4 Gleichungen für die gesuchte Grösse:

$$\frac{M}{H} = \frac{E^2}{2} \frac{\operatorname{tg} v_1 + \operatorname{tg} v_2 + \operatorname{tg} v_3 + \operatorname{tg} v_4}{4} \left[1 + 3 m t_e' + \Theta'' + f'' + \mu (t_e - t) + (N' - n') k' \right], \quad \ldots \quad (65)$$

wo wir der Kürze halber gesetzt haben:

$$t_e = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}, \quad N' = \frac{n_1' + n_2' + n_3' + n_4'}{4}$$

und t_e' die Mitteltemperatur des Messingstabes bei Ausmessung der Entfernung E unmittelbar vor oder nach der Beobachtung — also wenig von t_e abweichend — darstellt.

II. Beschreibung der Instrumente und ihrer Aufstellung.

Ich werde zuerst die Hauptinstrumente einzeln und sodann erst ihre Vereinigung zum gesammten Beobachtungsapparat beschreiben.

1. Multiplikator und Vorrichtung zu Ablenkungs-Beobachtungen.

Der Multiplikator besteht aus einem rechtwinklichten Rahmen von Mahagoniholz von bloss 3 mm. Wandstärke, dessen Hohlraum bei einer Breite von 138 mm. eine Weite von 35 mm. und eine Länge von 310 mm. hat. An den Seiten sind zwei Mahagoni-Bretter von 444 mm. Länge, 134 mm. Höhe und 14 mm. Dicke mit entsprechenden Ausschnitten auf den Rahmen aufgeschoben und aufgeleimt, so dass sie also zwischen sich einen Raum von 110 mm. Breite zur Aufwickelung des Kupferdrahtes auf den Rahmen lassen. Dieser, doppelt mit Wolle besponnen und in Paraffin getränkt, ist ohne Bespinnung 2 mm. dick und schien nach der Untersuchung am Magnetometer eisenfrei zu sein. Zunächst wurden davon 8 Lagen zu abwechselnd 33 und 32 Windungen also im Ganzen 260 Windungen von 7,8 kg. Gewicht (mit Bespinnung) auf den Rahmen gewickelt und die Enden an Weber'sche Klemmschrauben angelöthet, welche an den Seitenwänden des Rahmens befestigt sind. Die Aufwindung des Drahts wurde mit besonderer Sorgfallt zur Erzielung höchster Gleichförmigkeit ausgeführt und zur Erhöhung der Isolation jede Lage mit weingeistiger Schellacklösung bestrichen, mit Wachspapier umwickelt, dieses wieder gefirnisst und darauf die folgende Lage erst nach

---

von vorher einnimmt, so wird, abgesehen von dem bereits berücksichtigten Einfluss des Eisengehalts des Multiplikators, der Lokaleinfluss auf H für ihn derselbe wie bei diesem sein und somit H_1 von H sich in der That nur durch die erdmagnetische Variation unterscheiden.

vollständiger Trocknung gewickelt. Der Widerstand des ganzen Drahtes ergab sich nach einer vorläufigen Bestimmung bei 20° C. in runder Zahl = 2,94 Siemens'sche Einheiten[1]).

Mit 4 eisenfreien Messingschrauben ist dieser Multiplikator zunächst auf einem 20 mm dicken Mahagonibrett von 240 mm. Breite, 490 mm. Länge befestigt, welches selbst in gleicher Weise auf einem zweiten wenig dickern, aber ringsum 35 mm. kleinern Brette festgemacht ist. In seinem Centrum und damit auch unter dem Mittelpunkt der Multiplikator-Windungen trägt das letztere einen konischen Messingzapfen, welcher in eine entsprechende Messingbüchse im Centrum einer grossen, kreisrunden Mahagoniholzscheibe von 730 mm. Durchmesser passt, so dass also der Multiplikator um eine, durch sein Centrum gehende Axe auf dieser Scheibe drehbar ist (siehe Tafel I). Zur Messung der Grösse dieser Drehung trägt die Scheibe an ihrem Rande eine Kreistheilung in ganze Grade von 305 mm. Radius, auf welche ein am untern Multiplikatorbrett befestigter Index weist und, um die Drehungs axe vertikal machen zu können, sind am Rande der Mahagonischeibe 4 messingene Stellschrauben angebracht.

Der Magnet zu diesem Multiplikator ist von Herrn Freiberg in der Werkstätte des physikalischen Central-Observatoriums im April 1883[2]) aus Eibiswalder naturhartem Wolframstahl mit besonderer Sorgfalt angefertigt und gehärtet worden — Erhitzung zur Dunkelrothgluth und Ablöschen in Kalkwasser von 20°—, hat die Form eines rechtwinklichten Parallelopipeds und mit Beibehaltung der Bezeichnungen von Seite 47 folgende Dimensionen nebst Gewicht

Länge	$L =$	290 mm.
Breite	$B =$	36 »
Dicke	$A =$	12 »
Gewicht	$=$	1030 g.

Die Magnetisirung desselben geschah nach der von Strouhal und Barus angegebenen Methode[3]), indem er, nach erfolgter Magnetisirung durch Einschalten zwischen die Pole eines grossen Elektromagnets, zuerst während 35 Stunden und darauf nach neuer Magneti-

1) In dem beschriebenen Zustande war der Multiplikator schon im Winter 1880 auf 1881 hergestellt und im Sommer 1881 in Pawlowsk zu Inclinationsmessungen mit dem Inductions-Inclinatorium benutzt worden. Im Winter 1882 auf 1883 liess ich von demselben Draht noch 3 Lagen mit 99 Windungen im Ganzen und von 3,0 kg Gewicht unter denselben Vorsichtsmaassregeln aufwickeln. Diese Windungen, welche in besonderen Klemmen endigen, haben einen Widerstand von 1,11 S. E., sind aber, da ihre Mitbenutzung die Dämpfung zu sehr vergrössert hätte, bei der vorliegenden Untersuchung nicht benutzt worden.

2) Dieser Magnet war an Stelle eines seiner Zeit von Mechanicus Brauer angefertigten, gleich grossen Magnets aus Wolframstahl, der bisdahin im Multiplikator gebraucht worden war, construirt worden, weil jener bei der Härtung sich etwas verbogen hatte und ich hoffte, den neuen noch kräftiger machen zu können. Dies war in der That der Fall, indem das magnetische Moment jenes: 10^8. 2,018 bedeutend geringer ist als das des neuen.

3) V. Strouhal und C. Barus, Ueber den Einfluss der Härte des Stahls auf dessen Magnetisirbarkeit und des Anlassens auf die Haltbarkeit der Magnete. Würzburg, bei Stahel, 1882.

sirung nochmals während 10 Stunden den Dämpfen siedenden Wassers ausgesetzt wurde. Dabei zeigte derselbe folgende magnetische Momente bei 20°:

		M.
27. April	nach der ersten Magnetisirung	10^8. 3,260
30. »	nach Kochen während 35^h	10^8. 2,456
30. »	nach der zweiten Magnetisirung . . .	10^8. 3,148
1. Mai	nach Kochen während 10^h	10^8. 2,915

Ich bemerke hier gleich, dass am 21. Juli 1883 bei derselben Temperatur von 20° gefunden wurde:

$$M = 10^8. 2{,}880,$$

so dass also das magnetische Moment trotz jener Behandlung in den nahe 3 Monaten noch um circa 1% seines Betrags sich vermindert hat. Immerhin beträgt diese Abnahme pro Tag nur wenig mehr als 0,0001 des ganzen Moments, wenn man sie der Zeit proportional setzt und kann also auf höchstens 0,00005 pro Tag vom 1. Juli an, wo die eigentlichen Messungen begannen, angeschlagen werden, wenn man bedenkt, dass diese Abnahme anfänglich viel rascher erfolgen musste, um sich nach und nach asymptotisch einem constanten Werthe anzunähern. Der letztere war in der That im zweiten Drittel des Juli angenähert erreicht; wie die später mitzutheilenden Daten zeigen werden.

Ein specifischer constanter Magnetismus von 10^5. 2,8 pro Gramm ist aber für einen so grossen Magnet, wie der unserige, ein sehr günstiges Resultat.

Zur Aufhängung wird der Magnet in einen aus dünnen Lamellen und festern Querstücken gebildeten (siehe Fig. 1 Tafel II) Messingtrog *aaa* gelegt, in welchem er seitlich eine ganz fixirte Lage durch innen abgerundete Nasen *n* und der Länge nach eine eben solche dadurch erhält, dass er mit einem ungefähr 1 mm. weiten Loch in seiner Mitte auf einen genau passenden Stift des Troges einfällt. Dieser Trog ist an einem, um den Multiplikator-Rahmen auf der einen Seite nach oben herumgehenden Messing-Bügel *bb* befestigt, der in seiner horizontalen Fortsetzung einen Stift *c* mit Gegengewicht *d* und Mitten über dem Magnet einen vertikalen Stift *e* trägt, an dem seinerseits der Spiegelhalter *f* und am obern Ende der Fadenhalter *g* befestigt ist. Beim erstern ist der Spiegel *i* in der üblichen Weise durch 3 Schraubenköpfe gegen eine Feder auf der Rückseite gepresst und so fein justirbar, während der Kopf der Schraube, mit dem der ganze Halter am Stifte festgeklemmt wird, zugleich als Gegengewicht zum Spiegel dient. Der Fadenhalter besteht in einer 3 mm. dicken Messingplatte von 25 mm. Breite und ebensolcher Länge, die im Centrum oben auf den Stift aufgeschraubt ist und beiderseits an der Unterfläche zwei *y*-förmige Lager besitzt. In diese Lager werden die dünnern Enden zweier Cylinderchen eingelegt, an welche in einer Rinne ihrer Mitte die Enden der beiden Suspensionsfaden angeknüpft sind: dabei gehen diese Faden über die Mitten der gegenüberliegenden Seitenflächen der Messingplatten empor, gegen welche sie überdies durch zwei aufzuschraubende Lamellen fest angeklemmt werden können. Dies

geschah erst, nachdem die Faden durch zwei an die Cylinderchen angehängte Bleigewichte von je 0,5 kg. detordirt und darauf nach Einhängung in den Bügel während mehreren Tagen gleiche Spannung erlangt hatten.

Das Gewicht dieser ganzen, bloss aus Messing und Glas bestehenden untern Suspension des Magnets, beträgt 310 g. so dass die gesammte an den Faden hängende Masse ist:

$$Q = 1340 \text{ g.}$$

Die bifilare Suspension am obern Ende der Faden besteht aus einer Messingrolle von 25 mm Durchmesser, deren Hülse am untern Ende eine horizontale Messingplatte von 3 mm Dicke, 15 mm Breite und 29,3 Länge trägt, über deren zur Rolle queren Breitseiten der über die Rolle gelegte Suspensionsfaden heruntergeht und dort nach erfolgter Gleichspannung der beiden Enden ebenfalls durch zwei aufzuschraubende Lamellen geklemmt werden kann. Das obere Ende der Hülse ist mit einem klemmbaren Auszug an dem nach unten vorstehenden Axenende eines magnetischen Theodolithen befestigt, so dass erstlich die Axe vertikal resp. die obere Verbindungslinie der Faden genau horizontal einnivellirt werden kann und sodann Drehungen der obern Suspension am Theilkreis des Theodolithen mit den Vernieren bis auf 10″ genau abgelesen werden können.

Der Suspensionsfaden besteht aus einem Bündel von 10 einzelnen Coconfaden von je 180^g Tragkraft und dem Halbmesser $\rho = 0{,}054$ mm. Um zur Verminderung des Torsionsmoments (siehe Gleichung 40) die Länge l derselben genügend gross machen zu können, wurde die Decke des betreffenden Locals (siehe Tafel I) durchbrochen und der Theodolith im Dachraum unter einem dort befindlichen Fenster auf einem Tische aufgestellt, welcher mit seinen 3 Füssen unabhängig vom nächst umgebenden Boden auf massiven Streckbalken des Daches aufruht. So wurde erreicht, dass die Länge l der Faden $= 3640$ mm gemacht werden konnte.

Nach den Voraussetzungen auf S. 32 muss zur Vermeidung schwer zu bestimmender Differenzen in den Localeinflüssen bei den Ablenkungsbeobachtungen der Bifilar-Magnet mit seiner Suspension aus dem Multiplikator entfernt und daselbst durch einen Magnet mit unifilarer Aufhängung ersetzt werden können. Um diese Vertauschung in bequemer Weise und ohne Schaden für die Genauigkeit der Messungen ausführen zu können, hat der obige Tisch die durch Fig. 2 Tafel II dargestellte Einrichtung erhalten. Sein Deckblatt besitzt nämlich zwei unter einem rechten Winkel zusammenstossende Ausschnitte $\alpha\beta$ und $\alpha\gamma$, deren gemeinsame Mitte 0 vertikal über der Mitte des Multiplikators resp. seiner Drehungsaxe sich befindet. Um diesen Punkt 0 als Centrum lässt sich eine, mit dem Ausschnitt $d\ d'\ d''$ versehene Holzscheibe X drehen, die durch den, am Tisch angeschraubten, bei s und s' aufgeschnittenen Holzring $r\ r'$ ihre Führung erhält. Auf der Drehscheibe X sind längs den Seiten $d\ d'$ und $d\ d''$ des Ausschnittes zwei bis zum Rande $d'\ d''$ reichende Messingschienen so aufgeschraubt, dass beim Einfallen von zwei Fussschraubenspitzen des Theodoliths in

eine Längsnut der Schiene längs $d\,d''$ und beim Aufruhen der dritten Schraube auf der glatten Schiene längs $d\,d'$ das Centrum des Theodoliths bei passender Schiebung längs der Schienen genau mit 0 zusammenfällt. In gerader Fortsetzung dieser zwei Schienen sind nun solche in gleicher Höhe auch beiderseits des Schlitzes $d\,\gamma$ im Tisch und ebenso, wenn die Scheibe mit ihrem Ausschnitt um 90° gegen $d\,\beta$ hin gedreht wird, auch längs dieses Schlitzes angebracht. Dies gestattet, bei der ersten Stellung der Drehscheibe den auf ihr, über der Mitte des Multiplikators aufgestellten Theodolithen mit der Bifilarsuspension seitwärts nach γ hin in genügende Entfernung vom Multiplikator wegzuschieben und dann nach Drehung der Scheibe um 90° nach $\alpha\,\beta$ hin von β her eine dort auf einem entsprechenden Dreifuss befindliche unifilare Suspension mit dem zweiten Magnet heranzuschieben und ebenfalls über der Mitte des Multiplikators zu placiren. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass Marken an der Drehscheibe, sowie auf den Schienen gestatten, rasch und genau die ein für alle Male durch erste Versuche bestimmten Lagen der Suspensionsdreifüsse wieder aufzufinden und dass die Drehscheibe nach erfolgter Einstellung mit der Schraube k geklemmt werden kann. — Doppelwände, welche an den dreieckigen Ausschnitt in der Saaldecke anschliessend den Tisch bis über seine Deckplatte hin umgeben, sowie ein auf dieselben über die Instrumente hin dicht aufzusetzender Holzdeckel, der überdies noch mit einem Ueberzug von Ledertuch zu bedecken ist, verhindern während der Beobachtungen jeden Luftzug nach dem Saal hin oder von daher.

Die unifilare obere Suspension besteht einfach aus einem Messingdreifuss (mit Stellschrauben von gleicher Entfernung wie beim Theodolith), um dessen Centrum eine in der Mitte durchbohrte, in ganze Grade getheilte Kreisscheibe drehbar ist. Zwei kleine Säulen darauf tragen analog wie bei der Gauss'schen Suspension des Unifilarmagnetometers einen horizontalen Cylinder mit Schraubengewinde auf der einen Hälfte, in welches sich der am Cylinder befestigte Suspensionsfaden einlegt und so nach erfolgter erster Justirung beim Auf- oder Abwinden immer im Centrum des Kreises bleibt, da die Schraube dabei durch das eine mutterförmige Lager zu entsprechendem Vorrücken veranlasst wird. Das andere glatte Lager trägt die Klemme zur Feststellung des Cylinders. Ein Index am einen Fuss gestattet die Drehung des Torsionskreises durch Schätzung leicht bis 0°1 abzulesen. Dieser Suspensionsfaden besteht aus einem 20fachen Bündel Coconfaden von derselben Sorte wie oben beim Bifilar.

Der untere Theil der unifilaren Magnetsuspension unterscheidet sich von derjenigen des Bifilar-Magnets nur dadurch, dass oben an Stelle der Platte für die Befestigung von 2 Faden ein einfacher Doppelhaken angebracht ist, in welchen das Cylinderchen mit dem in seiner Mitte angebundenen Faden eingehängt wird (siehe Fig. 3 Tafel II).

Der Trog hat genau dieselbe Grösse, wie derjenige für den Hauptmagnet, so dass eventuell (z. B. zur Ermittlung der Differenz der Localeinflüsse am Ort des Multiplikators und in der Tangentenboussole) auch dieser in denselben gelegt werden kann.

Der bei den Ablenkungsbeobachtungen in diese Unifilar-Suspension einzulegende Magnet

muss aber zur Erfüllung der Bedingungen (62) und (63) etwas andere resp. kleinere Dimensionen als der Hauptmagnet haben. Nehmen wir an, dass man diesem zweiten Magnet dieselbe Dicke wie dem Hauptmagnet gebe, so ist also mit Berücksichtigung der S. 36 mitgetheilten Dimensionen des letzteren in Gleichung (62) zu setzen:

$$\alpha = \alpha'' = \tfrac{1}{3},\ B = 36 \text{ mm}$$

und da im Maximum:

$$v_1 = 3°30'$$

ist, so kommt für die Breite des zweiten Magnets:

$$B'' = 20 \text{ mm}.$$

Führen wir ebenso in Gleichung (63) die Werthe:

$$v_1 = 3°30',\ L = 290 \text{ mm}$$

ein und setzen ferner:

$$c = 0{,}86,\ E = 1800 \text{ mm},$$

so ergibt sich:

$$L'' = 236 \text{ mm}.$$

Demzufolge wurde für die Ablenkungsbeobachtungen aus demselben Stahl und mit entsprechender Behandlung bei der Härtung und Magnetisirung ein Magnet von 20 mm Breite, 12 mm Dicke und 236 mm Länge angefertigt, dessen Gewicht 480^g und dessen magnetisches Moment schliesslich war:

$$M'' = 10^8\ 1{,}530.$$

Um diesen Unifilar-Magnet ebenfalls in den Trog stets in bestimmter Stellung einlegen zu können, wurden auf demselben an den zwei Punkten, wo sich der Hauptmagnet an die Nasen desselben anlegt, kleine Messingbrücken befestigt, die dort seine Breite ebenfalls auf 36 mm vergrössern.

Die grössern Drehungen, welche man am Multiplikator zu seiner Orientirung zu machen hat, werden am grossen getheilten Kreise ausgeführt, zur Messung aber der kleinern z. B. bei Bestimmung der Multiplikatorfunction, des Eisen-Einflusses etc. ist am Multiplikatorrahmen ein sogen. fixer Spiegel angebracht, in dem zugleich mit dem Magnetspiegel das Bild der Scale mit dem Fernrohr beobachtet werden kann. Zu dem Ende muss also dieser Spiegel bei der Benutzung der transversalen Lage des Magnets mit bifilarer Aufhängung parallel den Multiplikatorwindungen und bei der Anwendung der unifilaren Aufhängung desselben senkrecht dazu stehen. Derselbe (i') ist daher, wie es die Fig. 1 Tafel II zeigt, auf einer am Multiplikator-Rahmen etwas excentrisch festgeschraubten Querlamelle $q\,q$ ver-

mittelst der Säule *s* und der etwas über einen Quadranten umfassenden kreisförmigen Bahn *k*, deren Centrum in die Drehungsaxe des Multiplikators fällt, so aufgestellt, dass er wenig unter und vor den Magnetspiegel zu stehen kommt und nach Lösen der Klemmschraube *r* einfach durch Verschiebung in jener Bahn um einen Quadranten aus der parallelen Lage zu den Windungen in die normale zu ihnen gebracht werden kann. Anschläge am einen und andern Ende der Bahn limitiren diese Bewegung, so dass nach der ein für alle Male erfolgten Justirung derselben der Uebergang aus der einen Hauptlage in die andere rasch und sicher erfolgen kann.

Der zum Schutz des Magnets im Multiplikator vor Luftströmungen über denselben zu setzende Kasten aus Holz und Glas (in Tafel I unten auf dem Schemmel stehend) besteht aus zwei, in der Mitte ineinandergreifenden Theilen, welche unten mit übergreifenden Leisten dicht an den Rand des obersten Basis-Brettes des Multiplikators anschliessen und oben in der Mitte durch halbkreisförmige Ausschnitte sowohl den Halter des fixen Spiegels als des Stiftes der Magnetsuspension frei durchlassen, so dass also beide Spiegel über den Kasten hervorragen. Dort werden sie von zwei Halbcylindern, die ebenfalls ineinandergreifen und deren Lage durch auf die Kastenhälften geleimte Halb-Ringe fixirt ist, umschlossen; zur Ablesung der Spiegellage hat der eine Cylinder-Mantel eine rechteckige, mit einer Planparallelglasplatte bedeckte Oeffnung, welche also durch Drehung des Cylinders nach jeder Seite gewendet werden kann. Ein, in $^1/_5{}^\circ$ C. eingetheiltes Quecksilber-Thermometer ist in den Deckel der hintern Kastenhälfte mit einer federnden Messinghülse so eingesetzt, dass die Kugel des Thermometers die Drahtwindungen in der Mitte ihrer Höhe berührt.

Um unbeschadet dieses Schutzkastens die Verbindung des Multiplikatordrahtes mit einer äusseren Leitung bewerkstelligen zu können, sind im Innern nahe am Draht an den Ecken eines Quadrats von 35 mm Seite 4 kupferne Quecksilbernäpfe (in Taf. I sichtbar) in das Basis-Brett eingeschraubt, von welchen die beiden innern durch untergeklemmte Kupferdrähte mit den Klemmschrauben des Multiplikatordrahts verbunden sind, während die beiden äussern durch das Brett nach unten durchgehen und dort 2 Klemmen tragen. Zwei massive Kupferbügel (von 7 mm Dicke) lassen nach Belieben entweder durch Einlegen je in die beiden hintern und beiden vordern Näpfe den Multiplikatordraht in sich und die Zuleitung für sich schliessen oder durch Verbinden je der vordern und hintern Näpfe den Multiplikator mit den letztern verbinden, ohne dass dabei der Gesammtwiderstand vermehrt oder vermindert wird. Um ohne Auseinandernehmen des Kastens zu diesen Bügeln gelangen und sie umstellen zu können, ist an der vordern Wand des Kastens ein in der Figur sichtbarer Schieber angebracht.

Endlich ist noch ein, 1 mm dicker besponnener Kupferdraht zwei Male aussen um den Multiplikator gewickelt und zu zwei besondern, nach aussen führenden Klemmschrauben in den Ecken des Basis-Brettes geführt. Dieser hat zum Zweck durch Hindurchsenden eines Batteriestromes Ablenkungen am Magnet hervorzubringen resp. auch denselben bei ungeschlossenem Multiplikator dadurch rasch beruhigen zu können.

Zur Ausführung der Ablenkungsbeobachtung ist es nöthig, den Hauptmagnet in der Normalen zum magnetischen Meridian durch das Centrum des Multiplikators resp. den Mittelpunkt des kleinen Magnets horizontal so hinlegen zu können, dass er um ungefähr 3° 30′ den letztern aus dem magnetischen Meridian ablenkt. Aus den Daten für sein magnetisches Moment und der bekannten Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus in Pawlowsk ergab sich, dass zu dem Ende die Entfernung E der Mittelpunkte der Magnete ungefähr 1800 mm sein müsse. Es wurden demzufolge zwei Mahagonileisten L von 600 mm Länge, auf welchen durch Aufleimen von zwei schmälern von 12 mm Höhe eine Rinne von 36 mm Breite und 12 mm Höhe, i. e. den Querdimensionen des Hauptmagnets hergestellt war, wie Tafel I und Tafel II Fig. 4 im Detail zeigen, vermittelst zweier winkelförmiger Träder T und T' so an zwei seitlichen Holz-Tischen H befestigt, dass sie nach vorausgegangenen angenäherten Bestimmungen dort bereits nahe in die fragliche Normale fielen und zwei auf dem obern Rand der Leisten gezogene Striche nahezu jene Entfernung vom Multiplikator-Mittelpunkte hatten. Zur genauern Justirung der Lage dieser Magnet-Träger sind zwei entsprechende aber je bloss 300 mm lange mit Füssen versehene Leisten, wie Tafel I zeigt, an den Enden eines Durchmessers auf einen 60 mm breiten Ring aufgeschraubt, der auf dem ausgedrehten Rande der Holzscheibe unter dem Multiplikator ruht und dessen Drehungen um das Centrum der Scheibe ebenfalls an der erwähnten Kreistheilung vermittelst eines Index abzulesen sind. Die Rinnen dieser Leisten sind so justirt, dass ihre Mitte genau in dieselbe Höhe wie die Mitte des Hohlraumes im Multiplikator fällt. Auch diese Leisten tragen auf dem obern Rande Striche, auf welche bei der Abmessung der Entfernung E die Striche eines Maassstabs einzustellen sind. Hierzu wie auch zur Einstellung der Mitte des Magnets auf die Rand-Striche bei den andern Leisten dient ein über die letztern herüberzulegender Bügel B mit Ausschnitt, in dessen Mitte ein Coconfaden ausgespannt ist (siehe Fig. 4, Taf. II). Der letztere wird durch Schieben des Bügels auf den fraglichen Theilstrich am Rande eingestellt und Maassstab oder Magnet in der Höhlung der Leiste darunter so lange verschoben, bis der Strich auf dem ersten oder das kleine kreisförmige Loch im Centrum des letztern vom Faden bisecirt wird.

Zwei in massive Kupfercylinder, mit ihren Gefässen eingelassene, in $\frac{1}{5}°$ $C.$ getheilte Thermometer, welche beiderseits auf den Tischen neben den Leisten aufgestellt sind (siehe Taf I), sollen die Temperatur des Hauptmagnets bei den Ablenkungsbeobachtungen bestimmen lassen.

Die Stabilität des Multiplikators und der Ablenkungsschienen wird dadurch garantirt, dass der erstere auf einer massiven Sandsteinplatte steht, welche von zwei aus englischen (eisenfreien) Backsteinen auf dem Mosaikboden des Beobachtungs-Saales aufgemauerten Pfeilern ruht und dass die Tische, an welchen die letztern befestigt sind, zwar mit drei Füssen unmittelbar auf dem Boden aufruhen, aber ausserdem durch in der Tafel I weggelassene Klammern fest mit den grossen viereckigen Granitpfeilern verbunden sind, weche die zu andern Zwecken bestimmten Gypssäulen tragen.

Zur Messung der Ablenkungen vermittelst der Magnetspiegel steht im Süden vom Multiplikator in etwas über 4 m Entfernung auf einem runden Granitpfeiler mit besonderem Fundament ein Steinheil'sches Ablesefernrohr grösster Sorte mit 95-maliger Vergrösserung. An den Trägern seiner Horizontalaxe sind seitlich Ansätze befestigt, welche die in der Höhe verstellbaren Halter der Glasscale und des Beleuchtungsspiegel dahinter tragen. Die in Millimeter getheilte Glasscale ist von Edelmann in München angefertigt, 1050 mm lang und ringsum mit einer Blende aus geschwärztem Blech eingefasst, so dass im Gesichtsfeld des Fernrohrs zwei ganz getrennte scharfe Bilder der Scale von dem fixen und dem Magnet-Spiegel übereinander Platz haben. Der unter 50° zum Horizont geneigte Beleuchtungsspiegel empfängt sein Licht von einer über der Mitte des Saals sich erhebenden Glas-Laterne (siehe Tafel IV punktirtes Quadrat in der Mitte), da aber die letztere Sprossen hat, so ist über dem Spiegel noch eine matt geschliffene Glasplatte angebracht, welche eine durchweg gleichförmige Beleuchtung der Scale bewirkt. Die Fussplatten der Stellschrauben am Dreifuss des Fernrohrs sind auf dem Steine zur Vermeidung von Verrückungen festgekittet.

Zur Ausmessung der horizontalen Entfernung von Spiegel und Glasscale dient ein röhrenförmiger, auf der Oberfläche in Decimeter getheilter Messingmaassstab von 4 m Länge; in demselben verschiebt sich am einen Ende eine kürzere, auf ein Decimeter in Millimeter getheilte engere Röhre, deren Theilung durch einen Ausschnitt mit Nonius im äussern Rohr abzulesen ist. Der Nullpunkt des Nonius ist so gestellt, dass man an der Theilung des Schiebers den Millimeterstrich 0 abliest, wenn das abgerundete äussere Ende desselben in die Ebene des senkrecht zur Axe eben abgeschliffenen und dem Nullpunkt der Decimeter-Theilung entsprechenden Stabendes fällt. Das Anlegen einer Spiegelplatte an das Ende erlaubt die Erfüllung dieser Bedingung genau zu prüfen. Dieser Stab wird bei der Messung zur Vermeidung von Biegungen auf eine eben abgehobelte auf die hohe Kante gestellte, durch Stative in passende Höhe gebrachte und horizontal nivellirte Holzlatte gelegt, über welche er nur an den Enden etwas vorsteht. Das massive Ende der Röhre, das dem Theilpunkt 4^m entspricht, wird an die mit ihrer Theilfläche nach einem Senkel genau vertikal gestellte Glasscale in ihrer Mitte angestossen resp. dasselbe oder irgend ein Decimeterstrich mit der Spitze eines kleinen, längs der Theilfläche herabhängenden Senkels (Coconfaden) zur Coincidenz gebracht und darauf am andern Ende der Schieber ausgeschoben, bis sein äusseres abgerundetes Ende eben den Spiegel berührt. Die Ablesung der Millimeter-Theilung am Nonius und des fraglichen Decimeters am andern Ende gibt die gesuchte Länge.

Justirung des Multiplikators und der zugehörigen Apparate. Das Ablesefernrohr wurde zuerst nivellirt, darauf soweit ausgezogen, dass der Faden des in den Multiplikator eingehängten Unifilar-Magnets sichtbar war und nun nach Entfernung des Multiplikators die Gewichts-Vertheilung der Suspension so justirt, dass die, durch die erwähnte Durchbohrung markirte Mitte des Magnets bei der Meridianstellung und bei der Transversallage in die vertikale Verlängerung des Aufhängefadens fiel; dasselbe geschah hierauf mit dem zugehörigen messingenen Torsionsstab, wobei aber nur an diesem ein Auflegegewicht

verschoben wurde. Nachdem hierauf der Spiegel am Magnet so justirt war, dass er die Mitte der Scale in's Fernrohr reflectirte, wurde nochmals untersucht, ob dadurch jene Bedingungen nicht verändert worden seien. Darauf wurde der Multiplikator wieder eingesetzt und seine Drehungsaxe durch Drehen der Stellschrauben an der Holzscheibe vertikal gemacht. Mit einem Niveau wurde dann constatirt, dass dabei auch diese selbst und der Hohlraum des Multiplikators in jeder Stellung genau genug horizontal seien. Endlich liess sich durch Abmessungen genügend sicher constatiren, ob dabei auch der Mittelpunkt des Magnets mit der Mitte des Multiplikators oder seiner Drehungsaxe coincidire, resp. eine bezügliche Correction durch Verschiebung der oberen Suspension ausführen.

Um die Normale zum Meridian für die Ablenkungs-Beobachtungen zu fixiren, wurde zunächst dieser für den Magnet dadurch ermittelt, dass man in der üblichen Weise abwechselnd den Magnet und seinen Torsionsstab in den Trog legte und am Torsionskreise oben drehte, bis in beiden Fällen derselbe Scalentheil hinter dem Vertikalfaden des Fernrohrs erschien. Jetzt brachte man die nähern Schienen durch Drehung des Ringes ungefähr in die Verlängerung des Magnets, legte den Hauptmagnet auf die eine Leiste und drehte dann um eine kleine Grösse soweit noch nach, bis sein Auflegen keine Ablenkung des Unifilar-Magnets bewirkte. Dasselbe geschah durch Auflegen auf die andere Schiene, worauf das Mittel beider, nur um $0^{\circ},2$ verschiedener Ablesungen des Ring-Indexes am Kreise als Meridian-Stellung dieser Schienen betrachtet wurde. Eine Drehung des Rings um 90° brachte sie also in die normale Lage zum Meridian. Es wurde jetzt der Unifilar-Magnet aus dem in den Meridian orientirten Multiplikator entfernt und ein Messingmaassstab des physikal. Central-Observatoriums von derselben Dicke wie die Magnete und einer Länge von 7 englischen oder russischen Fussen (der Stab ist der ganzen Länge nach in Zolle und der erste Zoll am einen Ende ausserdem auf eingelassenem Silber in Linien und die erste Linie in 0,1 Linien getheilt) durch die Höhlung des Multiplikators durch auf die beiden Schienen gelegt. Nachdem dabei zugleich erkannt worden war, dass nach der ersten Justirung dieser Schienen dieselben in der That in die gleiche horizontale Gerade fallen und die Mitte ihrer Rinnen genau der Mitte des Hohlraums des Multiplikators entsprechen, wurde jetzt der Stab nach der einen Seite soweit ausgeschoben, dass sein äusseres Ende auf die Schiene am einen Seitentisch zu liegen kam und die letztere durch Heben oder Senken ihrer Träger und Verschieben auf diesen so gestellt, dass der Stab horizontal war und am einen Rand derselben durchweg genau anlag, während dasselbe auch bei den beiden centralen Schienen der Fall war. Dabei erfolgte auch gleich die Justirung der richtigen Entfernung der Schienen. Ein von ihrem einen Rande um ungefähr die halbe Länge des Hauptmagnets entfernter Strich wurde dabei so placirt, dass sein Abstand vom Multiplikator-Centrum 71 Zoll betrug, also auch die Entfernung der Magnet-Centren, wenn der Mittelpunkt des Hauptmagnets mit diesem Strich coincidirte, gleich 71 Zoll war. (Ein zweiter Strich auf den Schienen liegt *ein* Zoll näher dem Centrum). Bei der beschriebenen Einrichtung konnte man sich aber offenbar nicht darauf verlassen, dass die so justirte Entfernung immer genau dieselbe bleibe. Es wurde daher durch Hinzufügung von zwei, je

um 13 Zoll vom Multiplikator-Centrum abstehende Striche auf den centralen Schienen ermöglicht, die fragliche Entfernung resp. den Abstand $2\,E$ der Striche auf den entfernten Schienen bei jeder Beobachtung in folgender einfacher Weise genau zu messen. Der erwähnte Messingmaassstab von 84 Zoll Länge wird zuerst so auf die Schienen gelegt, dass der 84. Zoll z. B. mit dem entferntern Strich der Schiene am westlichen Tisch coincidirt, was mit Hülfe des erwähnten Bügels und einer Lupe bis auf weniger als $^1/_{20}$ mm. erreicht werden kann, worauf man am andern Ende desselben die Stellung des Striches auf der östlichen centralen Schiene an der feinen Theilung des ersten Zolls auch wieder mit Hülfe des Bügels bis auf 0,001 Zoll 0,025 mm. genau ablesen kann; man verrückt dann den Stab um ein Weniges bis der 26. Zollstrich desselben mit dem Strich auf der westlichen centralen Schiene coincidirt und liest wieder die Stellung des Strichs auf der östlichen centralen Schiene an der Theilung ab; endlich schiebt man den Maassstab soweit nach Osten, dass der 84. Zoll mit dem Strich der östlichen centralen Schiene coincidirt, dann fällt sein anderes Ende auf den äussern Strich der Schiene am östlichen Tisch und man kann die Stellung des letztern ebenfalls wieder an der Maassstab-Theilung genau ablesen. Heissen wir die Ablesungen an der feinen Maassstab-Theilung in diesen 3 Fällen resp. a, b und c, wobei also durchweg die betreffenden gemessenen Längen kürzer als 84 resp. 26 Zoll vorausgesetzt werden, so hat man offenbar:

$$2\,E = 2\,.\,(0 - 84) - (0 - 26) - a + b - c$$

wenn wir mit $(0 - 84)$ und $(0 - 26)$ die wahren Längen des Maassstabs zwischen dem 0. und 84. und dem 0. und 26. Zollstrich bezeichnen und für die um ein Zoll kürzere Entfernung wird sein:

$$2\,E_1 = 2\,(0 - 83) - (0 - 26) - a' + b' - c'.$$

Es sind somit nur die 3 Stücke des Maassstabs von $0 - 26$, $0 - 83$ und $83 - 84$ zu verificiren.

Ganz entsprechend wie oben beim Unifilar-Magnet wurde die untere Suspension des Bifilar-Magnets so regulirt, dass sowohl das Centrum des Magnets als des Torsionsstabes genau vertikal unter die Mitte zwischen den beiden Faden zu liegen kam und darauf die obere Suspension corrigirt, bis das Centrum des Magnets auch wieder der Mitte des Multiplikators entsprach. Marken an den Schienen der Drehscheibe für die Schraubenspitzen der beiden Suspensionsdreifüsse liessen dann jeweilen diese Stellungen sowohl für den Unifilar-Magnet als Bifilar-Magnet genau genug wieder auffinden.

Die Symmetrie-Stellung des Multiplikators wurde zuerst angenähert dadurch bestimmt, dass man einen constanten Strom abwechselnd in der einen und andern Richtung durch die Multiplikatorwindungen leitete und durch Drehen der letztern schliesslich gleiche Ablenkungen des Magnets nach beiden Seiten erzielte. Bei den eigentlichen Messungen ergab sich dieselbe genauer aus der Beobachtung der beiderlei logarithmischen Decremente $(\lambda)_0$ und $(\lambda)_{1000}$.

2. Tangenten-Boussole.

Da ich die Wahl eines recht grossen Durchmessers der Draht-Windungen stets als Haupterforderniss für die Herstellung einer genauen Tangenten-Boussole angesehen habe, so bewog ich meinen verstorbenen Collegen H. von Jacobi, als es sich im Jahre 1871 darum handelte, zu gewissen absoluten Messungen der Stromstärke eine Tangenten-Boussole für das physikalische Cabinet der Akademie der Wissenschaften anzuschaffen, eine solche von 1 m Durchmesser der Stromkreise nach dem Helmholtz'schen Principe construiren zu lassen. Dieselbe wurde in der That vom Mechanikus Brauer in St. Petersburg ausgeführt, indessen von Herrn von Jacobi wegen seines bald darauf erfolgten Todes nicht mehr benutzt. Obschon für den vorliegenden Zweck, wo es sich darum handelte, vor Allem mit der grössten Schärfe die Durchmesser aller Kreisströme und ihre Entfernung von einander ausmessen zu können, eine theilweise Umarbeitung des Instruments und besonders die Anfertigung neuer Drahtwindungen geboten erschien, entschloss ich mich doch dazu, dasselbe hierzu zu verwerthen, weil das bedeutende Alter (10 Jahre) der aus mehrfach geleimtem Eschenholz bestehenden Holztheile, insbesondere auch der hölzernen, radartigen Unterlagen für die Drahtwindungen eine grössere Garantie für unveränderte Erhaltung darbot. Aus der Umarbeitung dieses Instruments, die in der Werkstätte des physikalischen Central-Observatoriums von Herrn Mechanikus Freiberg unter meiner unmittelbaren Leitung ausgeführt wurde, ist die in Tafel III in perspectivischer Ansicht dargestellte Tangenten Boussole für die vorliegende Untersuchung entstanden.

Auf einer massiven hölzernen Grundplatte mit zwei messingenen Stellschrauben und einer dritten fixen Messingspitze als Fuss erhebt sich im Centrum eine messingene oben und unten conisch abgedrehte Axe, auf welcher eine kräftige, aufgeschliffene Messingbüchse als Träger der übrigen Theile des Instruments aufruht. Ein an ihr befestigter Index weist auf einen in ganze Grade getheilten, auf der Grundplatte aufgeschraubten Messing-Limbus zur Messung der Drehungen der Hülse um die Axe und ein Klemmarm mit Mikrometer-Schraube und Federhaus ermöglicht hierbei die nöthige Feinstellung.

Oben auf der Messingbüchse ist die Grundplatte eines viereckigen Holzkastens aufgeschraubt, dessen vordere und hintere Wand aus abnehmbaren, durch Tuch-Beschlag an den Rändern staubdicht anschliessenden Thüren bestehen. In der Mitte der festen Seitenwände dieses Kastens sind je kreisförmige Scheiben *a a* aufgeschraubt, in deren Centrum je nach aussen durch eine entsprechende Bohrung in der Wand durchgehende Cylinder aus Bock-Holz von 102 mm Dicke und 70 mm Länge mit Schrauben befestigt sind. Diese aussen vorstehenden Cylinder dienen gewissermaassen als Axen für die beiden Räder, deren äussere Peripherie zur Aufnahme der Drahtwindungen bestimmt ist. Um diese Räder auf ihren Axen parallel und in die richtige Entfernung vom Centrum des ganzen Instruments bringen zu können, sind am Rande der Holzscheiben *a a* drei Messingschrauben *b b b* mit Griffen in

die Kastenwand eingeschraubt, deren abgerundete äussere Enden gegen die innere Wand der centralen Scheiben der Räder stossen. Zum Anpressen der Räder gegen diese drei Punkte wurden in Durchbohrungen der Axen-Cylinder Messingröhren von 9 mm innerem Durchmesser eingesetzt, welche in einer eingelassenen und festgeschraubten Flansche an der innern Seite endigen und am äussern Ende ein Schraubengewinde tragen, auf welches sich eine flache Messingscheibe *d d* als Mutter aufschrauben und mittelst eines Schlüssels fest anziehen lässt. Es wurden hierzu Röhren und nicht massive Messingstäbe verwendet, um vermittelst eines durch beide Räder durchzusteckenden cylindrischen Messingstabes dieselben schon gleich bei der Anfertigung resp. dem Festschrauben der Scheiben *a a* an der Kastenwand in gleiche Höhe und angenähert parallele Stellung bringen zu können. Ebenso dienten sie später zum Centriren der Räder und der Controlle des Magnets betreffend richtiger Höhe desselben. Während bei den Beobachtungen die eine der von diesen Röhren gebildeten Oeffnungen einfach durch einen Kork verschlossen wurde, setzte man in die andere mittelst eines durchbohrten Korkes ein bis in's Innere des Kastens hineinragendes Thermometer ein.

Ueber einem Loch in der Mitte der obern Kastenwand ist die Suspensionsröhre für den, den Magnet tragenden Coconfaden aufgeschraubt. Ein unterer, weiterer und kurzer Theil *p* derselben trägt zunächst zur Centrirung zwei zu einander senkrechte, mit Mikrometerschrauben verschiebbare Schlitten *s s*, auf deren oberem erst die Messingröhre *q* mit der eingekitteten Glasröhre *g g* sitzt. Der am obern Ende der letztern aufgekittete Torsionskopf *t* mit einer Theilung in 100 Theile enthält den mit der Mutter *m* und Schraube *r* zu hebenden oder zu senkenden Fadenhalter. Um bei dieser Operation und dem Drehen des Torsionskopfes ein stärkeres Schwanken der 1,5 m langen Suspensionsröhre zu vermeiden, ist an dieselbe etwas über ihrer Mitte ein Klemm-Ring *u* angekittet, von welchem vier Kupferdrähte zu Spannschrauben an den vier Ecken des Kastens führen. An der Decke des Saales vertikal über dem Torsionskopf ist noch ein zweiter Torsionskopf *t'* vermittelst zweier aufeinander senkrechter Schlitten *s' s'* angeschraubt, der einen Fadenhalter *x* trägt. Wir werden bei der Justirung des Instrumentes die Bedeutung desselben kennen lernen.

Am Suspensionsfaden ist im Innern des Kastens vermittelst eines Cylinderchens und eines Doppelhakens ein dünnes Messingstäbchen aufgehängt, welches in der Nähe des obern Endes einen Ring zur Aufnahme des kreisförmigen Spiegels und am untern Ende einen Querstab mit y-förmigen Haltern zum Einlegen des Magnets oder des gleichgestellten messingenen Torsionsstabes trägt.

Der Magnet hat die Form einer cylindrischen Röhre von 89,8 mm Länge, 11,5 mm äusserem und 7,5 mm innerem Durchmesser und ist aus demselben naturharten Wolframstahl mit entsprechender Behandlung beim Härten und Magnetisiren wie die früher erwähnten Magnete von Herrn Freiberg angefertigt worden. Er trägt in seiner Mitte einen kurzen eingeschraubten Messingstift und in der Nähe der Enden zwei schmale Rinnen, von welchen die eine oder andere in die Schraubenspitzen am einen der y-förmigen Lagern des

Halters einfällt, während die andere mit den Rändern auf die flachen Schraubenenden des andern Lagers zu liegen kommt. Das Anschlagen des Stiftes in der Mitte an die Querlamelle des Halters fixirt die Lage des Magnetquerschnitts, wie jenes Einfallen die seines Längsschnittes zum Halter. Das schliessliche permanente Moment des Magnets war:

$$m = 10^6 . 7{,}524$$

und sein Gewicht:

$$q = 43{,}\dot{2}\ \text{g}.$$

Da das Gewicht der übrigen Suspensionstheile: 32,5 g betrug, so genügte zum Tragen dieses Gesammtgewichtes von 75,7 g ein einfacher Coconfaden der oben schon verwandeten Sorte von 180 g Festigkeit.

Trotz des dichten Verschlusses ist der Holzkasten offenbar zu gross, um Luftströmungen in der Nähe des Magnets ganz zu vermeiden. Deshalb und um zugleich die Luftdämpfung zu vergrössern, da ich bei diesem Magnet wegen des zu befürchtenden Eisengehalts des Kupfers keine Metalldämpfung anwenden wollte, habe ich den Magnet noch mit einem zweiten viel kleinern Gehäuse h aus Mahagoniholz und Glas umschlossen. Dasselbe hat leicht abnehmbare Seitenwände von Spiegelglas, durch welche hindurch von den Oeffnungen in den Radaxen her die Stellung des Magnets controllirt werden kann. Dasselbe kann auch durch die mit Glimmerplatten verschlossenen Fenster o o der Thüren, sowie zwei kleine mit Spiegelglaspfropfen versehene Oeffnungen an den Enden des kleinen Gehäuses von den Längsseiten aus geschehen. Auch der Spiegelhalter ist von einem, aus 2 Hälften bestehenden Holzcylinder l mit einem durch ein Planparallel-Glas verschlossenen Fenster i umgeben. Das kleine Gehäuse ruht auf einer Holzplatte, welche vom Holzbock k k getragen wird und durch seitliche Hornschrauben auf dessen Oberfläche justirbar befestigt ist. In ihrer Mitte ist ein cylindrischer Holzzapfen eingelassen, der durch eine Durchbohrung im Boden des Kästchens durchgeht, ihm als Drehungsaxe dient und oben eine kleine, in eine Spitze endende Elfenbeinschraube trägt. Zwei weitere durch Planparallel-Glasplatten verschlossene Fenster o' o', das eine in der einen Thüre, das andere in der einen Seitenwand dienen zur Ablesung des Magnetspiegelstandes.

Die schwierigste Aufgabe bei der Herstellung der Tangenten-Boussole bestand, wie allgemein anerkannt wird, in der Herstellung von genau ausmessbaren Drahtwindungen von regelmässiger Gestalt. Nach Abwicklung des ursprünglichen, in dieser Beziehung ganz ungenügenden Drahtes erwiesen sich die Peripherien der Räder zu wenig kreisrund, um sie unmittelbar benutzen zu können und ausserdem hätte eine Rinne in ihrer Mitte, wo ein dickerer Draht in einer Windung umgelegt war, ausgefüllt oder durch Abdrehen des ganzen Rades entfernt werden müssen. Eine solche Bearbeitung des Rades, abgesehen davon, dass sie bei der Grösse desselben und der Härte des Materials schwierig gewesen wäre, hätte die Gefahr involvirt, ein neues Verziehen des durch das Alter angenähert zur Ruhe gelangten Holzes zu bewirken. Angesichts dieser Schwierigkeiten entschloss ich mich daher,

die Holz-Räder ganz zu verlassen und statt derselben (da die Anwendung von Metall dafür wegen des bei der grossen Masse fast unvermeidlichen Eisengehalts nicht thunlich erschien und überdies die Benutzung blanker, allein sicher auszumessender Drähte für die Windungen sehr erschwert hätte) Glasscheiben zu benutzen. Zur Vermeidung einer merklichen Erwärmung der Drähte beim Durchleiten eines Stromes, der die Magnetnadel um $3^1/_2{}^\circ$ ablenken würde, erwies es sich zufolge einer angestellten Berechnung als nothwendig, mindestens 1 mm dicken Draht zu verwenden — dickerer schien mir der Steifigkeit halber nicht brauchbar — und beiderseits mindestens 3 Windungen desselben zu benutzen. Die Glasscheiben hätten also bei bloss 0,8 mm Abstand der Windungen unter sich und vom Rande mindestens 6 mm dick sein müssen, also zusammen ein Gewicht von über 22 Kilogramm ausgemacht. Dieses grosse Gewicht, welches metallene Axen erheischt hätte, vor Allem aber der Umstand, dass der Fabrikant, welcher die Lieferung der Scheiben anfänglich zugesagt hatte, später die bis auf $\pm$ 0,1 mm genau kreisrunde Herstellung derselben für unmöglich erklärte, veranlasste mich doch wieder auf die Holzräder zurückzukommen und einen Versuch zu machen, dieselben mit Streifen von Ebonit an ihrer Peripherie zu bekleiden. Um dabei der sehr verschiedenen Ausdehnung von Holz und Ebonit Rechnung zu tragen, wurden 4 je einen Quadranten bedeckende, 6 mm dicke Stücke, welche zwischen sich Zwischenräume von 0,5 mm übrig liessen, vermittelst einer grössern Zahl von Messingschrauben auf die Radperipherie aufgeschraubt, darauf das Ganze auf der Drehbank centrisch zur Axe des Rades abgedreht und eine Furche von $^1/_3$ mm Tiefe in einer Schraubenlinie von 1,8 mm Ganghöhe und von 16 Umgängen eingeschnitten. Diese Operationen, wie auch das Einlegen von 15 Windungen eines 1 mm dicken Kupferdrahtes (Claviersaitendraht) in diese Furche und die Befestigung der Enden unter zwei eingelassenen Klemmschrauben gelang über Erwarten gut, wie die weiter unten mitzutheilenden Messungsresultate lehren und ebenso liess auch die Constanz des Ganzen in der Folge Nichts zu wünschen übrig.

Zwei Querstäbe mit Millimeter-Theilungen an den Enden, von denen der eine *A* oben an die Suspensionsröhre und der andere *B* unten an die Metallbüchse angeklemmt sind, so dass sie die Drahtwindungen auf den Rädern nicht (so wie es nach der Figur scheinen könnte) berühren, sondern ihnen mit scharfer Kante nur nahe gegenüberstehen, erlauben die Entfernung der Windungen vonneinander und von der Vertikalaxe des Instruments mit Hülfe von Mikrometer-Fernröhren genau zu messen. Diese Mikrometer-Fernröhren (eins oben, eins unten) gehören einem von Turettini in Genf angefertigten Cathetometer an, das in 0,8 m Entfernung vom Apparate aufgestellt ist und bei dieser Distanz 0,01 mm (entsprechend 1 Theil der Mikrometer-Trommel) mit voller Sicherheit messen lässt. Zu dem Ende sind die Niveaux auf den Fernröhren so empfindlich gewählt, dass der Bogenwerth eines Theils ihrer Theilung ist:

$$1 \text{ Theil} = 4''.$$

Zur Bestimmung des Durchmessers der äussersten Drahtwindungen werden die beiden Fernröhren auf die Ränder des Drahtes am Ende eines vertikalen Durchmessers eingestellt, dann das Kathetometer gedreht, bis ein seitlich von der Boussole in gleicher Entfernung vertikal aufgestelltes, in Millimeter getheiltes Messingmeter in denselben erscheint und mit den Mikrometern die Distanz von den nächsten Strichen gemessen. Während diese Bestimmung bei einer relativen Stellung von Kathetometer und Tangenten-Boussole geschieht, wie sie Tafel IV im Grundriss darstellt, wird dagegen der Unterschied der Durchmesser der aufeinanderfolgenden Windungen erhalten, indem man die Tangenten-Boussole angenähert um 90° dreht und am Mikrometer die Differenz der Einstellungen des Horizontalfadens je auf die äusserste und die weiterhin folgenden Kuppen der Drähte abliest.

Sowohl das Kathetometer als die Tangenten-Boussole stehen auf Holzdreifüssen (die selbst auf, im Mosaikboden eingelassenen fundamentirten Kalksteinplatten ruhen) von passender Höhe, wobei diejenige der Tangenten-Boussole so bemessen ist, dass der Magnet derselben sehr nahe in dieselbe Horizontale mit dem des Multiplikators fällt. Um, wie bei diesem, Ablenkungen des Magnets durch Batterieströme und insbesondere Beruhigung desselben durch solche bewirken zu können, sind im Innern des Kastens an den Scheiben *a* centrisch zu ihnen Drahtspulen *c* (Tafel III) angebracht, von welchen, wie die Fig. zeigt, Drähte zu den Klemmschrauben *f* aussen am Kasten führen. Fernrohr und Scale endlich zur Ablesung des Magnetspiegels an der Tangenten-Boussole unterscheiden sich in Nichts von denen beim Multiplikator; die Scale ist möglichst genau in dieselbe Entfernung vom Spiegel wie bei diesem gebracht.

Alle Metall-Theile der Tangenten-Boussole sind bei der Untersuchung am Magnetometer als eisenfrei befunden worden. Dieselben treten überdies nirgends näher als 200 mm an den Magnet heran.

Justirung der Tangenten-Boussole. Nachdem der ganze Apparat vermittelst eines auf den Deckel des Kastens aufgesetzten Niveaus nivellirt d. h. die Drehungsaxe des letztern vertikal gemacht worden war, wurde der Magnet, das kleine Kästchen *h* und der Torsionskopf *t* der Suspensionsröhre entfernt und ein an einem Fadencylinderchen angeknüpftes und durch dieses in den Halter *x* an der Decke befestigtes Senkel durch die Suspensionsröhre heruntergelassen, bis seine Spitze sehr nahe über die Elfenbeinspitze in der Mitte der Platte des Bockes *k* zu liegen kam. Durch Drehen der Boussole um ihre Vertikalaxe und Verschieben der Schlitten *s' s'* der Senkelsuspension brachte man es bald dahin, dass die Senkelspitze mit der Drehungsaxe coincidirte, worauf dann durch Justiren der Platte mit den seitlichen Schrauben auch die Elfenbeinspitze sehr genau in diese Drehungsaxe gebracht werden konnte. Jetzt wurde dasselbe Senkel am Torsionskopf eingehängt und durch abwechselndes Verschieben der Schlitten *s s* und Anspannen der vier Drähte bewirkt, dass der Faden bei *q* in die Axe der Suspensionsröhre zu liegen kam, während zugleich die Senkelspitze mit der Elfenbeinspitze coincidirte resp. in die Drehungsaxe fiel. Dann ist also auch die Röhre *q* unten an der Suspensionsrohre centrisch zur Drehungsaxe.

Die Suspension des hierauf wieder eingehängten Magnets wurde nunmehr so regulirt, dass derselbe horizontal war — was an der nivellirten Bodenplatte des Kästchens zu erkennen ist —, wenn zugleich seine Mitte genau über der Elfenbeinspitze steht. Nachdem so der Magnet-Mittelpunkt in die vertikale Drehungsaxe des Instruments gebracht war, wurde er auch durch Bewegen der Schraube *m* am Torsionskopf — resp. Heben oder Senken auf dieselbe Horizontale mit den Mittelpunkten der Kreisströme justirt, was daran zu erkennen war, dass er beim Durch-Visiren durch die Axen-Röhren der Räder in die Mitte derselben fiel.

Schon bei der Anfertigung und Zusammensetzung des Apparats waren die beiden Räder angenähert, wie dies S. 47 beschrieben ist, so gestellt worden, dass je ihre mittlere Draht-Windung um den halben Radius derselben von der vertikalen Drehungsaxe abstand und beide Räder vertikal, gleich hoch und parallel waren. Die beiden Maassstäbe *A* und *B* an der Boussoule, bei welchen die Theilung von einem zum andern Ende fortläuft und genau (bis auf ± 0,1 mm) der Theilpunkt 275 mm in die Mitte der centralen Ausbuchtung, also in die Drehungsaxe des Apparats fällt, sowie ein in Millimeter getheilter Calibermaassstab von Kern in Aarau gestatten, zu jeder Zeit die genaue Erfüllung dieser Bedingungen zu controlliren resp. zu erzielen. Die Räder werden parallel sein, wenn die äussersten Draht-Windungen derselben oben und unten, vorn und hinten gleich weit voneinander abstehen. Dies ist mit dem Calibermaassstab leicht zu untersuchen und durch passendes Drehen an den Schrauben *b b b* herzustellen. Bei der Justirung resp. Controlle der Räder auf gleiche und dem halben Radius der Windungen entsprechende Entfernung vom Centrum resp. der Drehungsaxe des Apparats ist zu berücksichtigen, dass die einzelnen Windungen keine in sich geschlossene Kreise, sondern Umgänge einer Schraubenspirale darstellen. Als Mitte der 15 Windungen auf jedem Rad ist offenbar die Stelle zu betrachten, welche dem Mittelpunkt zwischen den beiden nebeneinander stehenden Befestigungspunkten der Enden des Drahts diametral gegenüberliegt; von da aus entfernt sich die eine Hälfte der betreffenden mittlern Windung um ebenso viel vom Centrum als die andere sich ihr nähert. Da der Durchmesser der Drahtwindungen d. h. der Axe des genau 1 mm dicken Drahts, im Mittel: 1011,6 Millimeter bei 20° beträgt, so müsste jene Mitte um je 252,9 mm vom Centrum abstehen. Nun gehen die Schraubenwindungen, deren gleiche Höhe bei beiden Rädern genauer: 1,825 mm beträgt, wenn man den Apparat von dieser Seite, auf welcher auch die Theilung der Maassstäbe *A* und *B* liegt, ansieht, bei beiden Rädern von links nach rechts und es liegt der Endpunkt der Drähte bei der Normalstellung je um 37,4° von dem, dem Stabe *A* entsprechenden Scheitelpunkt der Windungen nach vorn. In Berücksichtigung dessen müssen zur Erfüllung gleichen und richtigen Abstandes, an den Maassstäben *A* und *B* gemessen, die Entfernungen der mittleren 8. Windung der Räder vom Centrum resp. der vertikalen Drehungsaxe sein:

	bei Rad links	bei Rad rechts
oben bei A	252,3 mm	253,6 mm
unten bei B	253,2 »	252,7 »

Hat man diese an den Maassstäben A und B abzulesenden Entfernungen durch Drehen der Schrauben b und Anziehen oder Nachlassen der Schraubenmuttern d hergestellt, so bleibt nur noch übrig den Parallelismus auch der horizontalen Durchmesser der Räder nochmals mit dem Calibermaassstab zu controlliren.

Zur Orientirung der Drahtwindungen parallel dem magnetischen Meridian wurde unter Durchleitung eines Stromes durch dieselben die Boussole um ihre Vertikalaxe gedreht, bis der letztere keine Ablenkung mehr am Magnet bewirkte (man beobachtete dabei seinen Spiegel durch das seitliche Fenster 0″), der Horizontalkreis abgelesen und nun um 90° an diesem zurückgedreht.

3. Widerstands-Apparat.

Beim selben Theil der Untersuchung, zu welchem die Tangenten-Boussole gebraucht wird, nämlich bei dem der Empfindlichkeitsbestimmung des Multiplikators, ist es auch nöthig, die Verhältnisse der Widerstände zweier Zweige zu messen, in deren einem der Multiplikator sich befindet (siehe S. 6 und 22); ebenso ist behufs Vergleichung mit den Resultaten anderer Forscher die Bestimmung des Verhältnisses des absolut gemessenen Multiplikator-Widerstandes zu dem einer Siemens'schen Einheit geboten. Um alle diese Operationen rasch und bequem, mit möglichst geringer Störung des Temperatur-Gleichgewichts und ohne Hinzufügung neuer längerer Verbindungsleitungen und dergleichen bewerkstelligen zu können, schien es mir am passendsten die Abzweigungsstellen des Stromes von der Tangenten-Boussole, sowie die Enden der Leitung zum Multiplikator unmittelbar zu der Wheatstone'schen Brücke selbst zu verlegen und diese in einiger Entfernung vom Beobachter aufzustellen.

Die Wheatstone'sche Brücke wurde demgemäss auf einem besondern Tische aufgestellt und erhielt die, durch die Tafel V dargestellte Einrichtung. Fig. 1 repräsentirt die Anordnung, welche zu blossen Widerstandsmessungen d. h. Verification der einzelnen Widerstände der Siemens'schen Widerstandskasten untereinander, sowie nach einer Siemens'schen Dosen-Einheit und zur Calibrirung des Rheostatendrahts getroffen wurde, Fig. 2 die zur Bildung der besprochenen Verzweigung zwischen dem Multiplikator und dem Shunt-Zweige S vorgenommene Modification derselben, endlich Fig. 3 und 4 die für die Widerstandsmessung dieser beiden Zweige auszuführenden Umlegungen von Bügeln in den Quecksilbernäpfen.

Was zunächst die allgemeine Einrichtung der Brücke betrifft, so ist sie dem Schema auf Seite 27 angepasst und unterscheidet sich nur durch einige Vervollständigungen von derjenigen, welche ich schon 1878 in meiner oben citirten Abhandlung «Ueber die Be-

stimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium» S. 24 beschrieben und durch eine Skizze dargestellt habe. Sie enthält insbesondere wie jene statt eines geradlinig ausgespannten Drahts (*a b* im Schema S. 27) zur Herstellung einer compendiösern Form einen Rheostaten *R* (Tafel V Fig. 1), bei welchem der fragliche Draht schraubenartig auf einen Marmorcylinder aufgewickelt ist[1]). Diesen Rheostaten habe ich aus einem gewöhnlichen Jacobi'schen Agometer dadurch hergestellt, dass ich an beiden äussern Enden, der in dem Marmorcylinder eingelassenen Messingaxen amalgamirte Kupferscheiben befestigte, welche in halbcylindrische, isolirt am Gestell befestigte amalgamirte Kupfertröge mit Quecksilber eintauchen, so dass der an der Berührungsstelle der Contact-Rolle mit dem Neusilberdraht eintretende Strom, sich von dieser aus nach beiden Seiten über den Draht zu den beiden Axen, an denen seine Enden eingeschraubt sind, und von diesen unbeschadet eines guten Contacts zu den Kupfertrögen und weiterhin verzweigen kann. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass auch die Lager der Metallaxen von dem quadratischen Rahmen-Gestell durch Ebonit isolirt sind. Die Contact-Rolle aus Neusilber ist ausser durch ihre Metall-Lager auch noch durch zwei starke, auf ihrer Axe schleifende Federn mit dem gabelförmigen Halter verbunden, an dem unmittelbar die mit dem einen Pol der Batterie durch den Draht *B* verbundeneKlemmschraube *s* sitzt. Er selbst ist um ein Charnier drehbar und kann durch eine mehr oder minder zu spannende Spiralfeder nach Belieben stärker oder schwächer an den Walzendraht angepresst werden. Die Fortbewegung dieser Walze und damit die Verschiebung der Contact-Stelle wird bezüglich der ganzen Umdrehungen an einer seitlichen linearen Theilung *l* und für Bruchtheile derselben an einer in 100 Theile getheilten Kreisscheibe *k* am einen Ende des Cylinders gemessen, wobei 0,1 Theil resp. 0,001 Umdrehung noch leicht genau geschätzt werden können. Bei dem aufgewickelten Neusilberdraht von 1,9 mm Dicke entsprechen bei 20° C. 10 Umgängen desselben in runder Zahl: 0,249 S. E. Widerstand, so dass also, wenn nur im Uebrigen die nöthigen Bedingungen der Empfindlicheit erfüllt sind, noch 0,0000249 S. E. zu messen wären resp. 0,001 Umdrehung der Walze entsprechen. Die Drehung der Walze kann vermittelst des abgekürzt gezeichneten Holzstabes *h*, der durch ein cardanisches Gelenk *g* mit ihrer Axe verbunden ist, aus beliebiger Ferne erfolgen. Für den vorliegenden Gebrauch wurden einige Stahlschrauben am Rheostat durch solche aus Neusilber ersetzt, so dass er jetzt ganz eisenfrei ist.

Vom früheren Apparat unterscheidet sich der jetzige hauptsächlich dadurch, dass behufs Anwendbarkeit der beiden, Seite 26 und folgende erwähnten Hauptmethoden der Widerstandsbestimmung und um zugleich die Widerstände der Zweige w_1 und w_2 den zu verificiren-

1) Dieser Rheostat, den auch schon Hr. O. Chwolson in seiner Abhandlung «Ueber einen von M. H. v. Jacobi construirten Quecksilber-Rheostaten» (Bullet. de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg, T. XXII, p. 409, October 1876) kurz beschrieben und im Grundriss abgebildet hat, ist offenbar Herrn F. Kohlrausch nicht bekannt geworden, da er desselben bei Beschreibung seiner nur unwesentlich davon abweichenden Brücken-Walze (Verh. der phys.-med. Ges. zu Würzburg, N. F. XV. Bd. Febr. 1880) nicht erwähnt.

den Widerständen gemäss den Anforderungen der Gleichung (55) anpassen zu können, in alle Zweige Widerstandskasten, nämlich in Zweig 3 : № 2806, in Zweig 4 : № 2805 — beide von 0,1 bis 200 S. E. gehend — und in Zweig 1 : № 2803, in Zweig 2 : № 2804 — beide von 0,1 bis 50 S. E., in Summa also bis 100 S. E., gehend —, eingeschaltet wurden. Zur Verbindung dieser Widerstandskasten mit den Abzweigungsstellen α und β zu den Galvanometerdrähten G einerseits, sowie zu der Verzweigungsstelle γ des Stammstroms und zum Rheostaten R anderseits, dienen 6 —8 mm. dicke Kupferdrähte und Quecksilbernäpfe, so dass alle ausserhalb der Widerstandskasten befindlichen Zweigwiderstände der Brücke mit Ausnahme des Neusilberdrahts auf dem Rheostaten — auf jeder Seite von der Mitte aus sind $11\frac{1}{2}$ Umgänge, die in runder Zahl 0,27 S. E. entsprechen — sehr klein d. h. kleiner als 0,001 S. E. sind. Für eine Temperatur-Aenderung selbst von 10° C. würde also die Widerstands-Veränderung dieser Theile der Brücke höchstens 0,000036 S. E. ausmachen.

Als Quecksilber-Verbindungsnäpfe benutzte ich die für veränderliche Verbindungen ganz ausgezeichnet constante und sichere Contacte liefernden, welche vom Comité der British Association für electrische Widerstandsmessungen benutzt worden sind[1]). Da diese Quecksilbernäpfe immer noch nicht so allgemein bekannt geworden sind, wie sie es verdienen, und sie gerade für unsere Versuche eine besondere Wichtigkeit hatten, so habe ich sie in Tafel V. Fig. 5*a* im Querschnitt und Fig. 5*b* in der Ansicht von oben in natürlicher Grösse dargestellt. Eine Schale aus Buchsbaumholz *vv* enthält auf dem Grund eine amalgamirte, ungefähr 2 mm. dicke Kupferplatte *w*, auf welche ein Cylinder *x* aus demselben Holz zu liegen kommt. Dieser besitzt so viele Bohrungen *y*, als man Drahtenden leitend verbinden will, und die Weite derselben wird jeweilen der Dicke dieser Kupferdrähte angepasst. Eine geringe Quantität Quecksilber genügt, die leitende Verbindung zwischen den Enden der amalgamirten Kupferdräthe und der Kupferplatte, auf welcher sie aufliegen, in vollkommenster Weise herzustellen. Die Hebung des Holzcylinders *x* durch den Auftrieb des Quecksilbers wird durch die Stecknadel *zz* verhindert, welche über den Holzcylinder hin durch zwei Oeffnungen in den Wänden von *v* durchgesteckt ist.

Der Verlauf der Zweige der Brücke ist kurz folgender. Von den beiden Klemmschrauben t und t' aussen an den Kupfertrögen führen dicke Kupfer-Drähte zunächst zu den Quecksilbernäpfen 1 und 1′, von da eben solche weiterhin zu 2 und 2′, dann 4 und 4′ und darauf zu den Widerstandskasten № 2806 und № 2805, deren zweite Klemmen wieder mit den Quecksilbernäpfen 5 und 5′ durch Drähte in Verbindung stehen. Diese Näpfe repräsentiren die Verbindungsstellen α und β der Zweige 3 und 4 mit den zum Galvanometer führenden Drähten G (die dünner sind und in kleinere seitliche Löcher der Holzcylinder eintauchen) und mit den Zweigen 1 und 2, welche durch die von den Näpfen 6 und 6′ zu den Widerstandskasten № 2803 und № 2804 und von diesen zum 3 löcherigen Napf 7 führenden Drähten gebildet

1) Fleeming Jenkin, Reports of the Committee on electrical standards appointed by the British Association for the advanc. of science. London 1873, p. 119.

werden. Um diese Zweige nach Belieben in ihrer Combination mit 3 und 4 vertauschen zu können, ist zwischen den 4 Quecksilbernäpfen 5, 5′, 6 und 6′ ein Commutator eingerichtet. Er besteht aus 4 Kupferbügeln, welche isolirt an einem Holzklotz befestigt sind und von denen zwei auf der einen Seite desselben so gestellt sind, dass sie 5 und 6, sowie 5′ und 6′ miteinander leitend verbinden. Kehrt man den Klotz um, so werden durch die andern beiden Drähte über's Kreuz 5 und 6′ sowie 5′ und 6 verbunden[1]). Die Einschaltungsstellen für zu verificirende Widerstände befinden sich bei *a* und *b*, wobei die Quecksilbernäpfe 3 und 3′ mitbenutzt werden. Man braucht z. B. bei der Anordnung in der Fig. 1 nur den Bügel 1—2 vom Napf 2 nach dem freien Loch in 3 zu verlegen, um die Siemens'sche Dosen-Einheit in den Zweig 3 einzuschalten und ebenso wird der Hülfswiderstand *w* (0,02 S. E.) für Calibrirung des Rheostatendrahts eingeschaltet, wenn das Ende 2′ des Bügels 1′—2′ vom Napf 2′ nach 3′ verlegt wird.

Zur Messung der Temperatur der Drähte in- und ausserhalb der Widerstandkasten und beim Rheostaten dient ein in $^1/_5{}^\circ$ C. getheiltes Thermometer, das an einem Metallstativ befestigt ist und nach Bedürfniss bald zwischen den Widerstandskasten № 2805 und 2806 bald zwischen den beiden andern aufgestellt wurde.

Vis-à-vis dem Theilkreise *k* des Rheostaten in ungefähr 1 m. Abstand davon ist ein Fernrohr zur Ablesung desselben, wie auch der linearen Scale mit Hülfe eines kleinen schiefgestellten Spiegels darüber, aufgestellt, neben welchem sich einerseits zur Drehung der Rheostaten-Walze der Griff der Holzstange *h*, anderseits das Fernrohr mit Scale zur Ablesung der Bewegung des Magnetspiegels im Galvanometer befindet. Dieses zur Brücke gehörige Galvanometer ist ein aperiodisches, von Siemens und Halske angefertigtes Spiegelgalvanometer, wie es Hr. O. Frölich beschrieben hat[2]).

Dasselbe besitzt auf beiden Rollen zusammen 32600 Windungen von 8480 S. E. Widerstand. Da die höchsten, mit der Brücke zu messenden Widerstände etwas über 100 S. E. betrugen, so wurden die beiden Rollen des Galvanometers nebeneinander geschaltet, so dass sie nunmehr bloss 16300 Windungen mit einem innern Widerstand von 2120 S. E. repräsentirten.

Leider gestattete die Kürze der Vorbereitungszeit für meine Untersuchungen nicht, Rollen von dickerem Draht und weniger Windungen zum Instrument anzufertigen, die unzweifelhaft noch bessere Resultate ergeben hätten. Indessen konnte man auch so bei den kleinsten der zu messenden Widerstände noch sehr gut ein Auftreten eines Stroms im Galvanometer erkennen, wenn der Rheostat um 0,001 Umdrehung fortbewegt wurde. Im Uebrigen eignet sich das Instrument Dank des geringen Trägheitsmoments und der aperiodischen Be-

1) Es hätte hier mit Vortheil auch ein ähnlicher Umschalter, wie ihn Siemens und Dehms benutzt haben (Brix, Zeitschrift Jahrg. 15, p. 16, 1868) benutzt werden können.

2) O. Frölich, Die Lehre von der Electricität und dem Magnetismus. II. Bd. von Zetzsche's Handbuch der electr. Telegraphie. Berlin 1878, S. 390.

wegung seines Glockenmagnets ganz vorzüglich für diesen Gebrauch; es lässt sich damit ausserordentlich rasch arbeiten. Auch hier betrug die Entfernung von Scale und Spiegel etwas über 4 m. und beide Instrumente sowohl das Galvanometer als das Ablesefernrohr waren je auf Granitpfeilern aufgestellt.

Ein Tisch, welcher den Fernrohr-Pfeiler ohne Berührung desselben umgiebt, trägt unmittelbar rechts vom Fernrohr resp. von dem davor sitzenden Beobachter den Schliesser des Batterie-Stromes und der Galvanometer-Leitung. Durch Niederdrücken einer Taste an diesem Apparat wird nämlich zuerst die Leitung *BB* zur Batterie durch Eintauchen der beiden Enden eines an ihr befestigten Kupferbügels in zwei isolirte Quecksilbernäpfe darunter geschlossen und gleich darauf, bei der weiteren Bewegung niederwärts verbindet ein zweiter, vom Drehungspunkt entfernterer Bügel zwei andere Näpfe, welche in die Leitung zum Galvanometer eingeschaltet sind.

Neben dem Schliesser sind noch zwei, ebenfalls für die Hand des Beobachters leicht erreichbare Pohl'sche Stromwender, der eine in der Verlängerung des andern auf dem Tisch festgeschraubt. Diese Stellung gestattet durch ein Holzstäbchen ihre beiden Wippen so zu verkuppeln, dass beide immer zugleich umgelegt werden müssen. Die eine derselben kehrt den Strom um, welcher die Wheatstone'sche Brücke durchfliesst, um des Auftreten thermoelectrischer Ströme in derselben durch einseitige Erwärmung resp. Abkühlung der Löthstellen verschiedener Metalle in derselben zu vermeiden und der andere Gyrotrop hat zum Zweck, den Strom im Galvanometer, der in Folge dessen auch umgekehrt wurde, zur Vermeidung von Verwirrung über den Sinn der Ausschläge bei letzterm, wieder auf dieselbe Richtung zurückzubringen, indem er für sich nur den Strom im Galvanometer umkehrt. Ein an der Wippe befestigter Draht mit Haken, der bis zum Schliesser hinreicht, ermöglicht es dem Beobachter, vor jedem Niederdrücken des Tasters des letztern durch einen Stoss oder Zug jeweilen die Doppel-Wippe umzuschlagen [1]).

Bei allen Widerstandsmessungen in Pawlowsk wurden ohne Ausnahme als Batterie 6, voltaisch verbundene Meidinger'sche Elemente (Construction von Kayser und Schmidt in Berlin mit Ballon [2]) angewendet. Bei den Widerstandsmessungen in Petersburg, wo inzwischen neu angefertigte Rollen von zusammen bloss 20 S. E. Widerstand beim aperiodischen Galvanometer benutzt werden konnten, waren bloss 2 Leclanché Elemente nöthig.

Fig. 2, Tafel V, zeigt, wie schon bemerkt, diejenige Anordnung der Wheatstone'schen Brücke, wie sie bei unsern eigentlichen Bestimmungen des Ohm immer benutzt wurde. Der durch die Tangenten-Boussole fliessende und durch die Drähte *T* zur Brücke geleitete Stammstrom geht zunächst durch den obern Draht zum Quecksilbernapf 9 und von da zu 10, wo

1) Für die im Verfolg zu erwähnenden Widerstandsmessungen in Petersburg habe ich zu demselben Zweck einen neuen Stromschliesser construiren lassen, bei welchem zwei Tasten angebracht sind; das Niederdrücken der einen lässt den Strom in Brücke und Galvanometer im einen Sinne circuliren, während die andere denselben in beiden zugleich umkehrt, also wieder im Galvanometer einen gleich gerichteten Strom liefert.

2) G. Wiedemann, Lehre von der Electricität I. S. 763.

die Verzweigung stattfindet; der andere Draht führt zum Napf 9 und steht durch einen Kupferbügel mit der zweiten Verzweigungsstelle im Napf 12 in Verbindung. Den einen kürzern Zweig, den Shunt-Zweig, bilden nämlich die beiden starken von 10 und 12 zu den Näpfen 13 und 14 führenden Kupferdrähte und zwischen diesen ein, auf einen Holzcylinder in einer weiten Spirale aufgewickelter, blanker Neusilberdraht S von 1,245 S. E. Widerstand, der an zwei dicke Kupferdrähte angelöthet ist. Der andere Zweig geht von 12 zum Napf 16, dann zum Multiplikator vermittelst der Drähte M, kommt von da zum Napf 15 zurück, tritt dann in den Widerstandskasten № 2806 ein und endigt durch die Leitung über den Napf 4 in dem Verzweigungsnäpfchen 10. Dass hierbei der dritte vom Napf 11 ausgehende und zu 5 führende Draht keine störende Ableitung bewirken kann, wird sofort klar, wenn man bedenkt, dass sowohl die Batterie- (B) als die Galvanometer-Leitung (G) zur Zeit nicht geschlossen ist.

Die Veränderungen, welche beim Uebergang von der Anordnung in Fig. 1 zu der in Fig. 2 vorzunehmen sind, bestehen, ausser der Hinzufügung der neuen Bügel und Näpfe, bloss darin, dass der Draht 5 — № 2806 II entfernt, dafür II mit 15 und 5 mit 11 verbunden wird und dass die Verbindung von 1 mit 4 aufgehoben und sei es direct oder über 2 eine Verbindung von 1 bloss mit dem zur Mitte hingerückten Napf 3 hergestellt wird.

Nach erfolgter Ausführung der Ablenkungsbeobachtungen am Multiplikator und an der Tangenten-Boussole wird sofort die Disposition Fig. 2 in die von Fig. 3 verwandelt, um den Widerstand des Shunt-Zweiges nach der Gauss'schen Methode zu messen. Durch Umlegen des Bügels 9—10 von 10 nach 3 wird derselbe in den Zweig 3 der Wheatstone-schen Brücke eingeschaltet und die Verbindung mit der Tangenten-Boussole unterbrochen sowie durch Umlegen des Bügels 4—10 von 10 nach 8 der Multiplikatorzweig unterbrochen. Aus der Fig. 3 ist ersichtlich, dass hierbei in den Verzweigungsnäpfen 10 und 12 durchaus nichts geändert wird, also auch keine Veränderung des Widerstandes des Shunt-Zweiges erfolgen kann. — Der Brückenzweig 3 enthält bei dieser Beobachtung ausser dem Shunt-Zweig 10 — 13 — s — 14 — 12 noch die Leiterstücke Rheostat — 1 — 3 — 10 und 12 — 11 — 5; wir werden somit den Widerstand des erstern für sich erhalten, wenn wir eine zweite Beobachtung d. h. Ausgleichung der Widerstände machen, nachdem wir den erstern aus dem Zweige 3 ausgeschaltet haben. Dies geschieht aber einfach dadurch, dass wir den Bügel 11 — 12, wie es die punktirten Linien andeuten, von 11 nach 10 hin einlegen und damit dies geschehen könne, vorher den Bügel 8 — 10 von 10 weg nach 4 bringen.

Ist so der Widersand des Shunt-Zweiges gefunden, so wird endlich der Multiplikator-Zweig in den Zweig 3 der Brücke dadurch eingeführt, dass man, wie Fig. 4 es zeigt, durch Umlegen des Bügels 10 — 13 von 13 nach 3′ den Shunt-Zweig aus- und dafür durch Umlegen des Bügels 10 — 8 von 8 nach 4 den Multiplikatorzweig einschaltet. Der Zweig 3 der Brücke enthält dann wieder ausser dem letztern, nämlich den Leitern 12 — 16 — M — 15 — II № 2806 I — 4 — 10 noch die Leiterstücke R — 1 — 3 — 10 und 12 — 11

— 5. Der erstere wird auch durch Umlegen des Bügels 11 — 12 von 12 nach 10, was ein gleichzeitiges Umlegen von 10 — 3′ von 10 nach 13 erheischt — siehe die punktirten Linien — ausgeschaltet, so dass eine zweite Beobachtung bei dieser Anordnung wieder den Werth des Multiplikatorzweiges für sich giebt. Schliesst man nach dieser Beobachtung durch Stöpselung des Widerstandskastens № 2806 dessen Widerstände aus dem Multiplikator-Zweige aus, so erhält man durch eine weitere Messung den Widerstand des Multiplikators sammt seiner Zuleitung zu den Verzweigungsstellen 10 und 12 ausgedrückt in Siemens'schen Einheiten des Widerstandskastens № 2805 und endlich wird noch der Werth der Zuleitungsdrähte gefunden, wenn man auch den Multiplikator dadurch ausschaltet, dass man die S. 41 erwähnten Kupferbügel in den 4 Quecksilbernäpfen des Multiplikators so umstellt, dass die Windungen des letztern in sich und ebenso für sich die beiden Enden der Zuleitungsdrähte geschlossen werden.

4. Disposition des Apparats.

Die Untersuchungen wurden in dem mittlern kreuzförmigen Saal des eisenfreien Pavillons für absolute magnetische Messungen im Observatorium in Pawlowsk ausgeführt, dessen Grundriss in Tafel IV durch α, β, γ, δ.....o, π, ρ dargestellt wird (der östliche Theil desselben $A \ni i A$ ist in der linken Ecke gezeichnet). Mit Ausnahme der West-Seite $\alpha \rho$, wo er gegen ein anderes heizbares Zimmer und der Ost-Seite $\ni i$, wo er gegen den nicht heizbaren Raum für Zeitbestimmungen und Declinationsmessungen stösst, ist er rings von dem Ofen O mit dem Rauchkanal R und Ventilationskanal V — der linke Ofen ist in der Tafel weggelassen — und den Corridoren C C und C' C' umgeben, deren äussere Balkenwände W erst die Hauswand repräsentiren. Die Pfeile im Luftheizungs - Ofen und Corridor bezeichnen den Weg der Luft bei der Heizung, die schliesslich aus dem Innern des Saals durch das Ventilationskamin V entweicht. Da der Saal überdies sein Licht hauptsächlich durch die hohe Laterne o o o o über seiner Mitte empfängt, durch welche selbst beim höchsten Sonnenstand die Strahlen derselben nicht direct in's Zimmer fallen können und das Fenster im Süden bei Sonnenschein durch eine Store bedeckt wird, durch dasjenige im Norden aber selbst im hohen Sommer keine Sonnen-Strahlen bis in den Saal gelangen können, so lässt sich die Temperatur des Saales sehr constant erhalten. Bei einigen unserer Messungsreihen variirte dieselbe im Laufe von 6 Stunden nur um 0°,02.

Im nördlichen Arm des Kreuzes, das nach dem astronomischen Meridian orientirt ist (also auch nahe nach dem magnetischen wegen der zur Zeit geringen Declination in Pawlowsk: 0°46′ westl.), steht auf dem Steintisch P der Multiplikator M. Oestlich und westlich davon tragen die an den Granitpfeilern p und p' befestigten Holztische H und H' die Schienen a und a' zur Auflegung des Ablenkungsmagnets. t und t' stellen die Thermometer dar.

Die Tangenten-Boussole T ist im südlichen Kreuzarm placirt, wo k das Kathetometer

und m den Maassstab für die Durchmesserbestimmung repräsentiren. Diese beiden Apparat-Theile wurden, weil sie eisenhaltig sind, jeweilen während der eigentlichen absoluten Widerstands-Messungen entfernt.

In der Mitte befinden sich die 4 Pfeiler mit den Ablesefernröhren L_1 bis L_4, ihren Scalen und den die Pfeiler ohne Berührung umgebenden Holztischen N_1 bis N_4.

Das Fernrohr L_4 dient zur Ablesung eines Hülfsbifilars $H\,B$, das im westlichen Kreuzarm auf dem Marmortisch $Q\,Q$ aufgestellt ist und einen der neuen magnetischen Variationsapparate darstellt, den Herr Edelmann in seiner Werkstätte nach meinen Angaben construirt, auch bereits in einer besondern Broschüre beschrieben hat[1]). Dieses Instrument, dessen compensirter Magnet ein magnetisches Moment von 10^7. 1,366 besitzt, war anfänglich besonders dafür bestimmt, während der Beobachtungen am Fernrohr L_1 zur Bestimmung der logarithmischen Decremente sich versichern zu können, dass die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus sich nicht wesentlich verändert habe, wurde dann aber auch zu einem Theil der correspondirenden Variationsbeobachtungen benutzt.

Auf dem Pfeiler für das Fernrohr L_3 zur Beobachtung des Galvanometers G der Wheatstone'schen Brücke auf dem Granitpfeiler q im östlichen Kreuzarm ist auch daneben das Fernrohr l zur Ablesung der Rheostaten-Scale der Wheatstone'schen Brücke $W\,B$ aufgestellt. Der Handgriff des Holzstabes h zur Drehung resp. Einstellung der Rheostaten-Walze ist links davon und der Schliesser s für Batteriestrom und Galvanometer sowie die Doppel-Wippe g zur gleichzeitigen Umkehr des Stromes in Brücke und Galvanometer rechter Hand placirt. Der Strom für die Wheatstone'sche Brücke wird durch die Drähte $r\,r'$ von der in dem Cabinet Z aufgestellten Batterie B hergeleitet. Dort steht auch das einzelne Meidinger'sche Element B', welches durch die Leitung $r'r'$ den Stammstrom für die Empfindlichkeitsbestimmung des Multiplikators liefert. Der Strom geht zunächst durch den Widerstandskasten WK, der zur Regulirung seiner Stärke dient, dann durch den ersten Gyrotropen g_1, in welchem seine Richtung für den ganzen weitern Verlauf gewechselt werden kann, von da fliesst er zum Gyrotropen g_{11}, der seine Richtung ausschliesslich in der, durch die Leitung $u\,u$ damit verbundenen Tangenten-Boussole umzukehren gestattet. Aus der Tangenten-Boussole zurückkehrend geht dann der Stammstrom durch die Leitung $u'\,u'$ zur Wheatstone'schen Brücke, wo er sich in den Shunt-Zweig und in den Multiplikatorzweig spaltet, und dann von da wieder zum Gyrotrop g_1 zurückkehrt. Die Verbindung des Multiplikators mit der Brücke bewerkstelligen zwei 4 mm dicke Kupferdrähte $v\,v$, welche, wie es die Tafel I zeigt, in Tischhöhe an einem Holzgestell zwischen beiden befestigt sind, um ihnen annähernd dieselbe Temperatur wie den Multiplikator- und Brücken-Drähten zu sichern.

Auf den Tischen bei den Fernröhren L_1 und L_2 befinden sich die Beruhigungs- und Ablenkungstaster b_1 und b_2 von ganz gleicher Einrichtung. Je nachdem man bei ihnen die

1) M. Th. Edelmann, Die erdmagnetischen Apparate der Polar-Expeditionen im Jahre 1883. Braunschweig bei F. Vieweg und Sohn, 1882, S. 10.

eine oder andere von zwei Tasten niederdrückt, wird der Strom eines schwach-geladenen Meidinger'schen Elements (sehr verdünnte Bittersalz-Lösung) in der einen oder andern Richtung durch die erwähnten Nebendrähte beim Multiplikator resp. bei der Tangenten-Boussole durchgeschickt. Die Stärke desselben ist dabei so bemessen, dass er bei beiden Apparaten den Magnet bei constantem Schluss um 3—400 Scalentheile ablenkt. Nachdem damit sehr rasch die grossen Schwingungen gedämpft sind, wird durch Verschiebung eines Contact-Hebels ein grosser, durch eine dünne Säule Kupfervitriollösung zwischen Kupferdrähten gebildeter Widerstand eingeschaltet, so dass der Strom dann nur noch um ein Paar Scalentheile den Magnet ablenkt und so der letztere mit dem Taster leicht zu vollkommener Ruhe gebracht werden kann. Die Drahtleitungen für diese Beruhiger sind in der Tafel weggelassen, um die Uebersichtlichkeit derselben nicht zu stören.

Mitten unter der Laterne befindet sich endlich die Säule *n*, auf deren Holzplatte 3 electrische Taster 1, 2 und 3 angebracht sind. Der Taster 1, der übrigens durch eine biegsame Schnurleitung mit der festen Leitung verbunden ist und daher von dem, beim Fernrohr L_1 sitzenden Beobachter auch in die Hand genommen resp. vor sich hin auf den Tisch N_1 gelegt werden kann, dient dazu, electrische Glocken-Signale dem im unterirdischen Pavillon bei den magnetischen Variationsapparaten befindlichen Beobachter zu geben behufs gleichzeitiger Ablesung der letztern. Der Taster 2 gestattet ähnliche Glockensignale nach dem entfernten Hauptgebäude des Observatoriums zu geben, wo der Chronograph aufgestellt ist. Dieselben bezwecken hauptsächlich einem dort befindlichen Gehülfen Zeichen zum Auslösen und Arretiren des Chronographen zu geben, wenn derselbe zur Beobachtung der Schwingungsdauer des Magnets benutzt wird. Mit dem Hand-Taster 3 kann nämlich der Beobachter auf dem Chronographen neben der Linie der Secunden-Marken durch die Uhr andere den Durchgängen des Magnets durch die Gleichgewichtslage entsprechende Zeitzeichen markiren. Die Ströme werden dabei durch unterirdische vieldrähtige Cabel nach den betreffenden Gebäuden geleitet.

III. Die Beobachtungen.

Die zu beobachtenden Grössen zerfallen in solche, welche nur ein Mal, oder wenigstens, um allenfalls ihre Constanz zu prüfen, nur einige Male zu bestimmen sind und solche, deren Messung bei jeder vollständigen Bestimmung wiederzukehren hat.

Zu den erstern, die wir zuerst mittheilen wollen, gehören: 1) die Bestimmung der Correctionen der zu den Temperatur-Messungen benutzten Thermometer; 2) die Bestimmung resp. Fixirung der verschiedenen Temperaturcoefficienten; 3) die Abmessung der Entfernungen von Fernrohr und Scale beim Multiplikator für Bifilar und Unifilar desselben, sowie bei der Tangenten-Boussole; 4) die Bestimmung der Empfindlichkeitscoefficienten beim Bifilar und Unifilar des Multiplikators und den entsprechenden Variationsinstrumenten im unterirdischen magnetischen Pavillon und bei der Tangenten Boussole; 5) die Ermittlung der

Torsionscoefficienten und 6) des Coefficienten wegen des Einflusses des Eisengehalts; 7) die Bestimmung der Grösse L i. e. des Verhältnisses der Horizontal-Intensität im Multiplikator und in der Tangenten-Boussole; 8) die Verification der Maassstäbe, welche zur Ausmessung der Tangenten-Boussole und der Entfernung der beiden Magnete bei den Ablenkungsbeobachtungen benutzt wurden; 9) die Ausmessung der Tangenten-Boussole; 10) die Bestimmung der Multiplikatorconstanten b; 11) die Verification des Rheostatendrahts und der Widerstandskasten.

Um bei diesen Messungen weder eine überflüssig grosse noch eine zu geringe Genauigkeit obwalten zu lassen, hielt ich es für nothwendig, von vorne herein, die zu erstrebende Genauigkeitsgrenze näher zu fixiren. Ich nehme an, es solle der absolute Widerstand W des Multiplikators mit einer Sicherheit von 0,0001 seines Betrags bestimmt werden, so ist also zu setzen:

$$\frac{\partial W}{W} = \pm\ 0{,}0001.$$

Aus der Gleichung (29) in der angenäherten Form:

$$W = X\,\frac{C^2}{T_0 \operatorname{cotg} z.\lambda}$$

wo: $\frac{M}{2H} = X$ gesetzt worden ist, ergibt sich aber durch Differentiation mit Rücksicht auf obigen Werth von $\frac{\partial W}{W}$ als Genauigkeitsanforderungen an die einzelnen Bestimmungen:

$$\frac{\partial X}{X} = \frac{\partial T_0}{T_0} = \frac{\partial \lambda}{\lambda} = \pm\ 0{,}0001,$$

und

$$\frac{\partial C}{C} = \frac{\partial z}{\sin 2z} = \pm\ 0{,}00005.$$

Wirken alle diese Fehler zusammen auf das Resultat ein, so würde dieses nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung mit einem mittleren Fehler von $\frac{\partial W}{W} = \pm\ 0{,}00022$ behaftet sein.

Nach den vorstehenden Fehlergrenzen der Hauptfactoren werden dann diejenigen der in ihnen enthaltenen Bestimmungsgrössen zu bemessen sein.

1. Correctionen der Thermometer.

Der zulässige Fehler in der Temperaturbestimmung und damit also auch in der Ermittlung der Correctionen der Thermometer richtet sich nach der Grösse der Factoren in den von der Temperatur abhängigen Correctionsgliedern. Die grössten dieser Factoren sind der Temperatur-Coefficient des electrischen Leitungsvermögens des Multiplikatordrahts: $\varkappa$, derjenige des Stabmagnetismus: μ, der kubische Ausdehnungscoefficient des Maassstabes zur

Ausmessung der Entfernung E, den wir mit 3 m. bezeichneten. In unserm Fall war angenähert:

$$\alpha = 0{,}00194, \qquad \mu = 0{,}00063,$$
$$3 \text{ m (Messing)} = 0{,}000054.$$

Damit also $dt \cdot \alpha$, $dt' \mu$, dt''. 3 m. je höchstens $= \pm 0{,}0001$ werden, darf im Maximum sein:

$$dt = \pm 0^\circ{,}05, \qquad dt' = \pm 0^\circ{,}16, \qquad dt'' = \pm 0^\circ{,}20.$$

Da alle unsere Thermometer, die von Geissler in Bonn verfertigt sind, in $^1/_5{}^\circ$ C. eingetheilt waren, so ist der Ablesungsfehler höchstens $\pm 0^\circ{,}02$. Die Correctionen aber sind mindestens bis zu dieser Grenze genau bekannt, da sämmtliche Thermometer mit dem Quecksilber-Normalthermometer des physikalischen Central-Observatoriums von 5 zu 5° verglichen worden sind, dessen eigene Correctionen durch Calibrirung jedenfalls bis $\pm 0^\circ{,}01$ genau ermittelt sind [1]). Die Nullpunkte sind zweimal, nämlich, zu Anfang von Dr. Chwolson und in der Mitte der Beobachtungen von mir, in schmelzendem Eise verificirt und übereinstimmend gefunden worden, was zu erwarten war, da die Thermometer mindestens 5 Jahre alt sind. Alle im Folgenden aufzuführenden Temperaturen sind bereits hiernach corrigirt.

2. Temperatur-Coefficienten.

Der zulässige Fehler bei diesen ist von ihrem Temperaturfactor abhängig und wird daher bei denjenigen bezüglichen Correctionsgliedern, wo Temperatur-Differenzen mit diesen Coefficienten zu multipliciren sind, viel grösser sein können als bei denjenigen, wo dieser Factor eine absolute Temperatur ist:

Das Erstere gilt von den Coefficienten:

$$\delta + \delta' - 2\lambda, \qquad 2\varkappa, \qquad \varrho, \qquad d, \qquad \mu, \qquad \alpha.$$

Die mit diesen Grössen zu multiplicirenden Temperatur-Differenzen haben bei unsern Messungen nur einmal im Maximum $0^\circ{,}6$ erreicht und waren sonst durchweg geringer als $0^\circ{,}1$. Nehmen wir sogar den erstern Werth, so wird der Fehler für das Resultat nicht grösser als $\pm 0{,}0001$ sein, wenn die Unsicherheit in der Kenntniss der vorstehenden Coefficienten ist:

$$\pm 0{,}0001.$$

Da bei unserm Apparat das obere und untere Verbindungsstück der Faden aus Messing besteht und diese selbst Coconseide sind, so ist angenähert:

---

1) Siehe Jahresbericht des physikal. Central-Observatoriums für 1877 und 1878, Beilage I 3 und I 4.

$$\delta = \delta' = 0{,}000018 \text{ (Messing für } 20^\circ \text{ C.)},$$
$$\lambda = 0{,}000003 \text{ (Holz längs den Fasern)}.$$

Ferner ist, da das Trägheitsmoment des Bifilars wesentlich aus dem des Stahlmagneten besteht, zu setzen:

$$x = 0{,}000012.$$

Als linearen Ausdehnungscoefficienten der Kupferdrahtwindungen auf der Tangenten-Boussoule können wir denjenigen des Messings annehmen, also:

$$r = 0{,}000018$$

setzen. Derjenige des Holzes, von welchem die Veränderung der Entfernung D der Räder abhängt, wird, wenn wir hier die Ausdehnung quer zu den Fasern wählen, höchstens sein:

$$d = 0{,}000043.$$

Wir haben somit:

$$\left.\begin{aligned} \delta + \delta' - \lambda &= 0{,}000033, & 2x &= 0{,}000024, \\ d - r &= 0{,}000025, & r &= 0{,}000018. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(I)}$$

Der ganze Werth dieser Coefficienten ist hiernach höchstens $^1/_3$ der für sie nöthigen Genauigkeitsgrenze, so dass die vorstehenden aproximativen Daten jedenfalls genügen, wenn man überhaupt eine bezügliche Correction, etwa zur Vermeidung allfälliger Anhäufung von Fehlern, anbringen will.

Die Coefficienten μ und $\varkappa$ dagegen sind ihren auf der vorigen Seite angegebenen ungefähren Werthen zufolge beträchtlich grösser als obige Genauigkeitsgrenze und demgemäss für unsern Apparat besonders zu bestimmen.

Die Ermittlung der Temperatur-Coefficienten $\varkappa$, etc. für die electrischen Leitungsvermögen werden wir im Verfolg bei den Widerstandsmessungen kennen lernen und uns an dieser Stelle damit begnügen, die Bestimmung des Temperatur-Coefficienten μ des Stabmagnetismus mitzutheilen.

Nach der Formel (52) ist:

$$\mu = \frac{(n_2 - n_1)\,k - (n'_2 - n'_1)\,k'}{t_1 - t_2} - (\delta + \delta' - \lambda).$$

Die Beobachtungen zur Bestimmung von μ nach dieser Formel wurden am 25.—29. August 1883 d. h. nach Beendigung aller absoluten Messungen und zu einer Zeit angestellt, wo der Stabmagnetismus sehr constant geworden war. Die Temperatur des Beobachtungssaals liess ich dabei von 20°5 zuerst bis 18° sinken und dann durch Heizen wieder bis 22° steigern. Jeweilen, wenn die Temperatur ganz constant geworden war, machte ich zu, 1 bis 5 Stunden auseinanderliegenden Zeitpunkten in Intervallen von je 1 Minute 3 Ablesungen am

Bifilar des Multiplikators sammt Notirung der Temperatur im letztern und liess gleichzeitig nach electrischen Signalen durch einen Beobachter im unterirdischen Pavillon am erwähnten Bifilar-Magnetometer correspondirende Ablesungen mit Notirung der Temperatur machen.

Nachstehend gebe ich die so erhaltenen Daten, wobei aus den 3 aufeinanderfolgenden Lesungen jeweilen bereits die Mittel genommen und die Temperaturen corrigirt sind:

Bifilare im:		hölzernen Pavillon		unterird. Pavillon.		
1883	Zeit	Scale n	Temp. t	Scale n'	Temp. t'	Reducirt auf 21°0 n'
August 25.	$0^h 37^m$ p.	522,9	20°26	316,8	20°9	316,7
» »	2 23 p.	528,1	20,22	318,5	21,0	318,5
» 26.	3 16 p.	542,1	17,96	318,9	21,1	318,9
» »	4 42 p.	542,8	17,96	318,9	21,3	319,3
» 27.	11 1 a.	515,0	17,70	307,8	21,3	308,2
» »	4 24 p.	541,4	17,66	317,9	21,3	318,3
» 29.	10 53 a.	505,3	21,72	312,7	21,3	313,1
» »	2 35 p.	520,9	21,84	318,7	21,3	319,1

Führt man die sub 4 ermittelten Werthe der Empfindlichkeitscoefficienten k und k' in die Gleichung ein und setzt nach dem Vorigen:

$$\delta + \delta' - \varDelta = 0{,}000033,$$

so ergibt die Combination je zweier correspondirender Beobachtungen bei fallender und ebensolcher bei steigender Temperatur folgende Werthe:

	Mittel	
$\mu = 0{,}000646$	$0{,}0006425$	bei fallender Temperatur
$0{,}000639$		Temp.-Diff. 2°3
$\mu = 0{,}000627$	$0{,}0006195$	bei steigender Temperatur
$0{,}000612$		Temp.-Diff. 4°1

Das Gesammt Mittel:

$$\mu = 0{,}000631 \pm 0{,}000011 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(II)}$$

ist also nahe 10 Male genauer, als verlangt wird [1]).

In den Correctionsgliedern mit absoluten Temperaturen kommen die Coefficienten m' und 3 m vor, die sich beide auf die Ausdehnung der bei der Ausmessung der Tangenten-Boussole und der Entfernung E der Magnete bei den Ablenkungsbeobachtungen benutzten Maassstäbe beziehen. Diese Maassstäbe bestanden bei unsern Messungen beide aus Messing, so

1) In ganz entsprechender Weise habe ich auch den Temperatur-Coefficienten μ' des Hülfsbifilars $H.B$ bestimmt und gefunden, dass $\mu' = 0{,}000320$ sei, also der Magnet keineswegs ganz compensirt sei.

dass $m' = m$ den linearen Ausdehnungscoefficienten des Messings darstellt. Der Temperatur-Factor t dieses Coefficienten betrug durchweg 20°, damit also die Sicherheit des Correctionsgliedes:

$$3mt = m\ 60$$

mindestens $\pm$ 0,0001 sei, darf der Fehler in der Kenntniss von m höchstens sein:

$$dm = \pm\ 0{,}0000017.$$

Die vorliegenden Angaben über den Ausdehnungscoefficienten verschiedener Messingsorten (Bronze eingeschlossen) variiren zwischen den äussersten Grenzen:

$$m = 0{,}0000173 \text{ und } 0{,}0000193.$$

Indem ich daher für m den für das Normal-Messingmeter des physikalischen Cabinets der Akademie im internationalen Maass- und Gewichtsbureau bestimmten Werth für 20° C. wählte, dem auch derjenige des Normal-Messingmeters des physikalischen Central-Observatoriums nahe gleich ist, nämlich:

$$m = 0{,}0000180, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (III)}$$

wird die diesem Werth anhaftende Unsicherheit nicht grösser als $\pm$ 0,0000010 sein resp. nur etwa die Hälfte des zu tolerirenden Fehlers betragen. Eine besondere Bestimmung von m ist daher unnöthig.

3. Abmessung der Entfernungen von Scale und Spiegel.

In unsern Formeln kommen 3 solche Entfernungen von Scale und Magnet-Spiegel vor, nämlich:

E Entfernung beim Bifilar des Multiplikators
ϑ'' » » Unifilar » »
ϑ » bei der Tangenten-Boussole.

Diese Entfernungen sind allgemein gegeben durch:

$$E = (E' + e - \tfrac{1}{3}\,\Sigma e)\,\tfrac{1}{s}$$

wo E' der unmittelbar gemessene horizontale Abstand der vorderen getheilten Fläche der Glasscale von der vordern Fläche des Spiegels am Magnethalter darstellt (siehe S. 43), e die Dicke dieses Spiegels, Σe die Summe der Dicken aller Glasplatten bezeichnet, welche der Lichtstrahl auf dem Wege von der Scale bis zur hintern belegten Spiegelfläche zu passiren hat, endlich s den Werth eines Scalentheils in Theilen des zur Ausmessung von E' benutzten Maassstabes repräsentiren, so dass also E in Scalentheilen ausgedrückt erhalten wird.

Beim Multiplikator diente für Bifilar und Unifilar dasselbe Fernrohr mit Scale. Diese mit № III bezeichnete Glasscale, sowie die mit № IV bezeichnete Glasscale des zur Tangenten-Boussole gehörigen Fernrohrs sind beide in Millimeter getheilt und sowohl von Herrn Dr. Chwolson als von mir durch Auflegen auf das von Turettini in Genf angefertigte Messingmeter des Observatoriums in Pawlowsk von Millimeter zu Millimeter verificirt worden. Es ergaben sich dabei übereinstimmend keine grössern Abweichungen als $\pm$ 0,05 mm bei den einzelnen Millimetern, wohl aber erwies sich die Gesammt-Länge als nicht ganz übereinstimmend, indem bei 20° C.

1000 Theile der Glasscalen = 999,70 Theile des Meters

waren. Nach der später noch näher zu erwähnenden Verification des letztern nach dem Normalmeter des physikal. Central-Observatoriums sind aber bei dem obigen Pawlowsker Meter:

1000 Theile = 999,93 wahre Millimeter,

woraus als Werth für einen Theil beider Glasscalen folgt:

ε = 0,99963 wahre Millimeter bei 20° C.

Auch der S. 43 erwähnte Messingmaassstab zur Ausmessung von E' war im physikalischen Central-Observatorium nach dessen Normalmeter verificirt worden, wobei sich ergab, dass seine ganze Länge statt 4 m war:

4000,25 wahre Millimeter.

Mit Berücksichtigung dieser Correction ergaben die einzelnen zu verschiedenen Zeiten angestellten Abmessungen folgende Resultate für die Entfernung E' bei einer mittlern Temperatur von 20° C.:

1883		16. Juli	4. Aug.	6. Aug.	13. Aug.
Multiplikator	Bifilar	4024,3	—	4024,2	4024,4
	Unifilar	4024,3	4024,3	—	—
Tangenten-Boussole		4030,2	4030,1	4030,3	4030,2

Die nachstehenden Mittelwerthe, denen wir die mit einem Calibermaassstab gemessenen Dicken e beifügen, sind also bis $\pm$ 0,1 mm übereinstimmend.

		E'	e	Σe
		mm	*mm*	*mm*
Multiplikator	Bifilar	4024,3	5,0	9,0
	Unifilar	4024,3	5,0	9,0
Tangenten-Boussole		4030,2	2,3	11,8

Mit obigem Werthe von s berechnet sich hieraus:

$$\left.\begin{array}{lll} E = \mathfrak{I}'' = 4027{,}8 & \text{Multiplikator.} \\ \mathfrak{I} = \quad 4030{,}1 & \text{Tangenten-Boussole.} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(IV)}$$

Aus der Gleichung:

$$\varphi = \frac{n}{2E},$$

wo φ den dem Scalentheile n (von der Ruhelage aus gerechnet) entsprechenden Ablenkungswinkel darstellt, folgt:

$$dE = \frac{2E^2}{n} \cdot d\varphi.$$

Setzen wir hier $n = 500$ Scalentheile, $E = 4030$ und $d\varphi = \pm$ arc. von $^1/_{20}$ Scalentheil oder arc. 1″,28, so finden wir:

$$dE = \pm 0{,}40 \text{ mm},$$

d. h. damit bei Ablenkungen bis zu 500 Scalentheilen oder 3°30′ der Ablenkungswinkel sich aus obiger Formel noch mit einer Sicherheit von $^1/_{20}$ Scalentheil oder 1″,28 berechnen lasse, muss die Entfernung E von Scale und Spiegel in unserm Fall sowohl beim Multiplikator als der Tangenten-Boussole mit einer Sicherheit von $\pm$ 0,4 mm bestimmt werden. Wie wir sehen ist die hierbei erzielte Sicherheit 4 Male grösser.

Hier ist noch zu bemerken, dass man bei grössern Ablenkungen den Winkel φ nicht jedesmal nach der strengen Formel:

$$\text{tang } 2\varphi = \frac{n}{E}$$

oder einer andern, eine grössere Annäherung als die einfache Formel:

$$\varphi = \frac{n}{2E}$$

darbietende ableitete, sondern mit dem vorstehenden Werth von E eine Tafel nach der strengen Formel berechnete, aus welcher man für alle von Scalentheil zu Scalentheil fortschreitende Ablenkungen n unmittelbar das zugehörige φ sowohl in Winkel- als Bogenwerthen entnehmen kann.

4. Empfindlichkeits-Coefficienten.

Aus den vorigen Grössen ergeben sich zunächst für den Bogenwerth eines Scalentheils

$$\left.\begin{array}{lll} \text{beim Multiplikator} \left\{\begin{array}{l}\text{Bifilar und } \mathfrak{e} \\ \text{Unifilar} \quad \mathfrak{I}''\end{array}\right\} = \frac{1}{2E} = 0{,}00012414 = \text{arc. } 25''{,}60 \\ \text{bei der Tangenten-Boussole} \quad \mathfrak{I} = \frac{1}{2\mathfrak{I}} = 0{,}00012407 = \text{arc. } 25''{,}59 \end{array}\right\} \ldots \text{(V)}$$

Für das Unifilar-Magnetometer und Bifilar-Magnetometer im unterirdischen Pavillon[1]) sind dieselben Grössen:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Unifilar-Magnetometer:} & \vartheta' \\ \text{Bifilar-Magnetometer:} & \varepsilon'\end{array}\right\} = 0{,}00029089 = \text{arc. } 1' \quad \ldots\ldots\ldots \text{(V')}$$

Für das Bifilar-Magnetometer im unterirdischen Pavillon ist in der üblichen, in den unten citirten Einleitungen beschriebenen Weise aus besondern Empfindlichkeitsbestimmungen und den regelmässigen absoluten Messungen der Horizontal-Intensität für die Monate Juli und August 1883 zur Berechnung der absoluten Horizontal-Intensität H aus den Ablesungen n' an seiner Scale folgende Formel abgeleitet worden:

$$H = 1{,}6298\,[1 + (n' - 300)\,0{,}0003054],$$

wo bei Abweichung der Temperatur des Bifilarmagnets von der Normal-Temperatur von 21°0 statt des bei der Temperatur t'' abgelesenen Scalentheils: n'' zu setzen ist:

$$n' = n'' + 1{,}480\,(t'' - 21°0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(VI)}$$

Wenn wir also die unmittelbar abgelesenen Scalentheile jeweilen zuerst hiernach auf die Normaltemperatur von 21° C. reduciren, so ist der von uns mit k' bezeichnete Empfindlichkeitscoefficient dieses Bifilars:

$$k' = 0{,}0003054. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(VI')}$$

Der Empfindlichkeitscoefficient des Bifilars des Multiplikators k wird nach Gleichung (38) definirt durch:

$$k = \varepsilon \operatorname{cotg} z_a.$$

Nun variirte bei unsern Messungen der Torsionswinkel z_a zwischen den Grenzen 46° 7′ 35″ und 45° 55′ 15″, woraus für die Grenzwerthe von k vermittelst des obigen Werths von ε folgt:

$$z_a = 46°7'35'' \text{ bis } 45°55'15''$$
$$k = 0{,}0001193 \text{ bis } 0{,}0001201.$$

Wir können also unbedenklich für die ganze Zeit annehmen:

$$k = 0{,}0001195, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(VII)}$$

wobei wir berücksichtigten, dass die Werthe von z_a durchweg der erstern Grenze näher stehen, als der letztern.

---

1) Es sind dies die beiden von Edelmann in München nach meinen Angaben construirten Instrumente, welche zu den normalen directen Variationsbeobachtungen dienen (siehe Annalen des physik. Central-Observatoriums Th. I, Einleitungen für 1878, S. LV und für 1882, S. IV).

Multipliciren wir die Werthe von k und k', den ersten mit 1,6298 und den letztern mit der mittleren Horizontal-Intensität während unserer Messungen i. e. 1, 6360, so erhalten wir die bei beiden Instrumenten der Veränderung des Torsionswinkels um 1 Scalentheil entsprechende Variation der Horizontal-Intensität, die wir mit h und h' bezeichnen wollen. Es ergibt sich so:

$$\left.\begin{aligned} h' &= 0{,}0004977, \\ h &= 0{,}0001955, \end{aligned}\right\} \quad \text{(VII)}$$

Dass die Empfindlichkeiten der betreffenden Variationsinstrumente im unterirdischen Pavillon ungefähr $2\frac{1}{2}$ Male geringer sind als diejenigen des Bifilars und Unifilars vom Multiplikator und des Unifilars von der Tangenten-Boussole muss jedenfalls als ein Uebelstand betrachtet werden, den ich indess nicht beseitigen konnte, ohne die an diesen Instrumenten und andern begonnenen simultanen internationalen Beobachtungen zu stören. Deshalb wurden, wenn irgend möglich, das im gleichen Local befindliche Hülfsbifilar $H\,B$ (siehe S. 59) zu den Variations-Beobachtungen der Horizontal-Intensität und der unifilar aufgehängte Magnet des Galvanometers G der Wheatstone'schen Brücke für die Variationen der Declination mit herbeigezogen.

Vom 1. Juli bis 15. August variirte nämlich zufolge wiederholter, aus dem Bogenwerth eines Scalentheils und dem Torsionswinkel abgeleiteter Bestimmungen der Empfindlichkeitscoefficient k'' dieses Hülfsbifilars zwischen den Grenzen:

$$0{,}0001142 \text{ bis } 0{,}0001156.$$

Das Mittel:

$$k'' = 0{,}0001149$$

stimmt genau genug mit dem Werthe von k nach (VII) überein, um für die, wenige Scalentheile betragenden Variationen innerhalb einer Beobachtungsreihe jeweilen $k'' = k$ setzen zu können.

Beim Galvanometer G ergab die Abmessung der Entfernung entsprechend wie oben als Empfindlichkeitscoefficient:

$$\vartheta''' = 0{,}0001240 = \text{arc. } 25''{,}58,$$

so dass die Variationen an der Tangenten-Boussole und an diesem Instrument ebenfalls, wenn sie nicht gross sind, als identisch betrachtet werden können.

Leider konnten beide Instrumente die Benutzung der Variationsinstrumente im unterirdischen Pavillon nicht ganz ersetzen, weil die mit dem Hauptmagnet des Multiplikators vorzunehmenden Umstellungen insbesondere bei den Ablenkungsbeobachtungen zur Bestimmung von $\frac{M}{H}$ einen beträchtlichen Einfluss auf ihre Angaben hatten.

5. Torsionscoefficienten.

Beim Bifilar ist der Einfluss des Torsionscoefficenten σ ein geringer, so dass da eine einmalige Bestimmung desselben jedenfalls genügen konnte.

Diesen Torsionscoefficienten habe ich sowohl theoretisch nach der Formel (40), als auch empirisch und zwar nach der durch die Gleichung (39′) definirten Methode bestimmt.

Bei den zur bifilaren Aufhängung verwendeten Coconfaden war nach mikrometischer Messung der Halbmesser derselben:

$$\varrho = 0{,}0541 \text{ mm} \pm 0{,}0054 \text{ mm},$$

wo 0,0054 nicht etwa den Fehler der einzelnen Messung, sondern die mittlere Abweichung verschiedener Durchmesser des in der Dicke ziemlich variirenden Fadens darstellt; ferner war die Länge der Faden:

$$l = 3640 \text{ mm}$$

und der Elasticitätscoefficint e derselben wird zwischen $8{,}64.10^8$ [1]) und $11{,}06.10^8$ [2]) liegen, also in runder Zahl zu setzen sein:

$$e = 9{,}8.\ 10^8.$$

Die übrigen Grössen in Gleichung (40) sind dem Bisherigen zufolge in unserm Fall:

$$g = 9819 \text{ mm}, \quad s = 10,$$
$$H = 1{,}6360, \quad M = 10^8.\ 2{,}880,$$
$$z_a + \zeta = 46°6',$$

und somit wird:

$$\sigma = 0{,}000627.$$

Zur empirischen Bestimmung von σ wurden nach Schluss aller Beobachtungen ungefähr in der Mitte der Faden an jedem eine Art Torsionskopf angeklemmt. Es besteht derselbe aus zwei gegeneinander durch Drehung verstellbaren Kreis-Scheiben, von denen die eine einen Index, die andere eine Quadranten - Theilung trägt; beide besitzen in ihrer Mitte Klemmen, mit welchen ein Faden im Centrum des Kreises festgeklemmt werden kann und ausserdem eine Klemmschraube zur festen Verbindung beider Scheiben. Ein seitlicher Schlitz in beiden Scheiben gestattet, den ausgespannten Faden, hier Fadenbündel, bis zur Mitte der Scheiben resp. der Drehungsaxe einzuführen, worauf er an beiden Scheiben durch aufgeschraubte Lamellen festgeklemmt und dann zwischen beiden

1) W. Weber, Ueber die Elasticität der Seidenfaden; Pogg. Ann. Bd. 34, S. 247, 1835.

2) Repertorium für Meteorologie Bd. VIII, № 7, S. 73, 1883.

Scheiben durchgeschnitten wird. So werden jetzt diese beiden mittleren Fadenquerschnitte gegeneinander drehbar, ohne dass man befürchten muss, dabei die Fadendistanz zu verändern.

Nach Ablesung der Gleichgewichtslage bei, in das Bifilar eingelegtem Torsionsstab, wurden beide Faden in der Mitte um 360° in gleichem Sinne gedreht, darauf wieder die Gleichgewichtslage des Bifilars an der Scale abgelesen; dann zuerst wieder um 360° zurückgedreht, die Gleichgewichtslage beobachtet und nun um 360° nach der andern Seite gedreht; endlich nochmals zur untordirten Lage zurückgekehrt. Es ergaben sich folgende Scalenablesungen:

	Scale	Differenz	Mittel
natürliche Lage:	536,5		
		23,9	
+ 360° gedreht:	512,6		
		24,4	
natürliche Lage:	537,0		24,45
		24,6	
— 360° gedreht:	561,6		
		24,9	
natürliche Lage:	536,7		

Für eine Torsion beider Faden um:

$$\xi = 2\pi$$

erhalten wir also einen Ablenkungswinkel des Bifilars, der gegeben ist durch:

$$\varphi'' = 24{,}45.\ \varepsilon.$$

Setzen wir hier für ε seinen Werth aus (V) ein und nehmen für z_a den obigen Werth: 46° 6′, so finden wir nach $(39')$:

$$\sigma = 0{,}000697 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(VIII)}$$

Berücksichtigen wir die Unsicherheit in dem gefundenen Durchmesser $2\,\rho$ des Fadens, so muss die Uebereinstimmung dieses Resultats mit dem nach der andern Methode bestimmten als ganz befriedigend betrachtet werden. Als direct am Apparat bestimmt gebührt unstreitig dem letztern der Vorzug, der selbst dann als überflüssig genau erscheint, wenn wir die ganze Differenz beider Werthe: 0,000070 als Fehler des letzten Werths betrachten, wie nachstehende Erörterung zeigt.

σ kommt nämlich in einem Factor des Ausdruckes für cotg z vor, der die Form hat:

$$1 + \sigma\,[1 - z_a \operatorname{cotg}(z_a + \zeta)].$$

Es darf daher der Fehler $d\,\sigma$ in der Kenntniss von σ höchstens sein:

$$d\sigma = \pm \frac{0{,}0001}{1 - z_a \operatorname{cotg}(z_a + \zeta)}.$$

Nun war bei unsern Beobachtungen in runder Zahl:

$$z_a = 46^\circ \text{ und } \zeta \text{ höchstens } = 14';$$

es wird also im Maximum sein dürfen:

$$d\sigma = \pm 0{,}00043.$$

Der Torsionscoefficient θ' bei der Tangenten-Boussole wie der Coefficient θ'' bei dem Unifilar des Multiplikators sind zwar bei jeder Beobachtungsserie jeweilen gemessen worden. Dieselben haben sich indessen während der ganzen Zeit als so wenig veränderlich ergeben, dass sie als constant zu betrachten resp. ihre Mittelwerthe für alle Beobachtungen ohne Unterschied zu verwerthen sind. Man fand nämlich für je 360° Drehung des obern Faden-Endes nach der einen und andern Seite im Mittel beider folgende Ablenkungen des Magnets aus dem magnetischen Meridian in Scalentheilen:

Datum	Tangenten-Boussole	Unifilar
7. Juli	10,50	22,50
12. »	11,00	22,95
13. »	11,05	22,90
21. Juli	11,30	23,25
22. »	10,60	23,15
26. »	11,50	22,90
3. August	12,25	23,15
4. »	12,50	23,20
5. »	12,05	23,15
10. »	12,15	23,15
11. »	12,15	23,30
13. »	12,15	23,10

Nehmen wir für die Werthe vom 21. Juli an, wo die eigentlich brauchbaren Messungen begannen, das Mittel, so ist also:

$$\Delta' = 11,8 \pm 1,0 = 5'\ 2'' \pm 26'' \text{ Tang.-Boussole}$$
$$\Delta'' = 23,1 \pm 0,2 = 9'\ 51'' \pm 5'' \text{ Unifilar-Mult.}$$

Diese Werthe in Gleichung (8′) eingesetzt ergeben schliesslich:

$$\left.\begin{aligned} \theta' &= 0{,}000231 \pm 0{,}000023 \text{ Tang.-Boussole} \\ \theta'' &= 0{,}000454 \pm 0{,}000005 \text{ Unifilar-Mult.} \end{aligned}\right\} \quad \text{(IX)}$$

Da hier $\pm$ 0,000023 und $\pm$ 0,000005 nicht die mittlern, sondern die Abweichun-

gen der Extreme bedeuten, so ist unmittelbar ersichtlich, dass die Genauigkeit dieser Mittelwerthe eine ganz überflüssig grosse ist.

6. Coefficient wegen Eisengehalt.

Der Coefficient f'' wegen Eisengehalt des Multiplikators ist für das Unifilar desselben einfach nach der durch Gleichung (14′) definirten Methode bestimmt worden. Für Drehungen des Multiplikators um 3° 30′ nach der einen und andern Seite ergaben sich zu verschiedenen Zeiten unter Elimination der Declinationsvariationen vermittelst gleichzeitiger Ablesungen am Galvanometer der Wheatstone'schen Brücke folgende Ablenkungen η:

7. Juli	0,80	Mittel:
25. »	0,90	
3. August	0,87	
3. »	0,88	0,87 ± 0,03 Scalentheile
4. »	0,90	= 22,3 ± 0,8.
5. »	0,85	
13. »	0,90	

Hieraus folgt nach (41′):

$$f'' = 0{,}001773 \pm 0{,}000064 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{X})$$

Der Fehler von f'' ist also wenig grösser als die Hälfte des zu tolerirenden, da f'' in dem Ausdruck für X (S. 61) bloss in einem Factor der Form: $(1 + f'')$ comparirt.

Der Coefficient f beim Bifilar des Multiplikators bestimmt sich in ähnlicher Weise nach Formel (41), die für $\zeta'' = 0$ identisch mit (14′) wird, wenn man wie dort $\vartheta = 3° 30'$ oder $12600''$ macht. Der Drehungswinkel ϑ des Multiplikators konnte aber hier vermittelst des an ihm befestigten Spiegels genauer als durch blosse Ablesung am Horizontalkreis wie im vorigen Fall bestimmt werden. Aus vier zu verschiedenen Zeiten angestellten Messungen ergaben sich zunächst in Scalentheilen unmittelbar folgende Werthe:

	ϑ	φ''	n''	n_a	z_a
20. Juni	510,0	2,29	511,1	527,0	47°20′10″
4. August	496,7	2,20	508,4	522,0	46 4 40
5. »	500,5	2,30	499,1	526,1	46 5 0
13. »	508,7	2,26	507,8	526,2	46 5 25

wo n'' die Scalenablesung am Bifilar zur Zeit der Beobachtung bei symmetrischer Stellung des Multiplikators und n_a diejenige zur Zeit der Einrichtung des Bifilars resp. der Bestimmung seines Torsionswinkels z_a darstellen. Mit Benutzung der sub 3 erwähnten Tafel und berücksichtigend, dass:

$$\zeta'' = (n'' - n_a)\,\varepsilon$$

ist, berechnet sich hieraus:

	ϑ	φ''	ζ''	arc. ζ''
20. Juni	12993″	58″64	— 6′17″	— 0,001974
4. August	12657	56,34	— 5 48	— 0,001689
5. »	12753	58,90	— 11 31	— 0,003353
13. »	12960	57,88	— 7 51	— 0,002283

Diese Werthe in Gleichung (41) eingesetzt, ergeben:

$$\left.\begin{aligned} f &= 0{,}004256 \\ &= 0{,}004230 \\ &= 0{,}004170 \\ &= 0{,}004171 \end{aligned}\right\} \quad \begin{matrix}\text{Mittel:} \\ 0{,}004207 \\ \pm\ 0{,}000036\end{matrix}$$

Da f bloss im Factor $(1 + f)$ des Ausdruckes für cotg z, cotg z_1 etc. auftritt, also die Genauigkeitsanforderung an seinen Werth $\pm$ 0,0001 ist, so kann der Mittelwerth:

$$f = 0{,}004207 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(XI)}$$

mit ganz genügender Sicherheit für alle Messungen ohne Unterschied benutzt werden.

7. Gegenseitiger Einfluss der Magnete und locale Verschiedenheiten der Horizontal-Intensität.

Nach der durch Gleichung (51) definirten Methode wurde zunächst das Verhältniss L der störenden Einflüsse am Ort des Multiplikators und der Tangenten-Boussole durch Beobachtung der Schwingungsdauer desselben Magnets an beiden Orten bestimmt. Da dabei der Multiplikator selbst nicht entfernt wurde, also sein Eisengehalt wirksam blieb, so ist die vollständige Formel jetzt:

$$L = \frac{T_2^2}{T_1^2}\,[1 + (2x + \mu)\,(t_1 - t_2) + (n'_2 - n'_1)\,k' + 0{,}00003808\,(\alpha_1^2 - \alpha_2^2) + \\ + 0{,}00004630\,(\Delta_2 - \Delta_1) - 0{,}00007949\,.\,\eta_1],$$

wo wir für $\frac{H_2}{H_1}$ seinen Werth aus (51′), ebenso für θ_2 und θ_1 ihre Werthe nach (8′) und für f seinen Werth nach (14′) eingesetzt haben.

In das unifilar aufgehängte Magnetschiffchen des Multiplikators wurde bei diesen Bestimmungen statt des kleinen der grosse Magnet (vom Bifilar) eingelegt und seine Schwingungsdauer T_1 im Multiplikator bei geöffneter Leitung in derselben Weise, wie sie unten bei den vollständigen Messungen näher beschrieben werden wird, bestimmt. Dabei wurden in der üblichen Weise die Anfangs- und End-Temperaturen: t_1^a und t_1^b, sowie die Anfangs- und End-Amplituden: α_1^a und α_1^b beobachtet sowie öfters Ablesungen des Bifilars n'_1 im unterirdi-

schen Pavillon gemacht mit Notirung seiner Temperaturen t'_1. Unmittelbar nach Beendigung dieser Messungen bestimmte man auch die Torsionsgrösse Δ_1 und den Eisen-Coefficienten η_{i1}. — Darauf wurde der Bügel mit dem Magnet aus dem Faden-Cylinderchen ausgehakt und in der Tangenten-Boussole an ein genau gleiches Cylinderchen angehängt, welches (nach Entfernung des Torsionskopfes, des Boussolen-Magnets und seines innern Kästchens) an einem 20-fachen vom Torsionskopf an der Decke des Saals herabhängenden Coconfadenbündel befestigt war. Das Trägheitsmoment ist also in der That bei der Ortsveränderung unverändert geblieben. An dieser Stelle erfolgten dann genau dieselben Messungen wie oben. Aus den Beobachtungen vom 31. August 1883 erhielt man so zunächst:

$$\begin{array}{llll} t_1^a = 19°92 & \alpha_1^a = 402^n = 2°51' & \Delta_1 = 18''2 = 7'8 \\ t_1^b = 19,86 & \alpha_1^b = 258 \ = 1\ 50 & \eta_{i1} = 2,25 = 57''62 \\ \hline t_1 = 19,89 & \text{Mittel} \quad \alpha_1 = 2°20' = 2°3 & \end{array}$$

$$T_1 = 13^s3035 \pm 0,0003\,,\ n_1'' = 316,00\,,\ t_1'' = 21°15.$$

$$\begin{array}{llll} t_2^a = 19,82 & \alpha_2^a = 389^n = 2°45' & \Delta_2 = 35''6 = 15'2 \\ t_2^b = 19,82 & \alpha_2^b = 275 \ = 1\ 57 & \\ \hline t_2 = 19,82 & \text{Mittel:} \quad \alpha_2 = 2°21' = 2°3 & \end{array}$$

$$T_2 = 13^s3352 \pm 0,0004\,,\ n_2'' = 313,92\,,\ t_2'' = 21°30.$$

Durch Reduction von n''_1 und n''_2 auf die Normaltemperatur von 21°0 nach (VI) Seite 68 kommt:

$$n_1' = 316,22\,, \qquad n_2' = 314,36.$$

Diese Werthe, den von k' nach (VI'), den von 2 x und μ nach (I) und (II) etc. in die obige Gleichung eingesetzt, ergeben schliesslich:

$$L = 0,999989.$$

Da der vom Eisen-Einfluss herstammende Coefficient f_1 wesentlich auf das Resultat influirt, indem nach dem obigen Zahlenwerth für η_{i1} wird:

$$f_1 = 0,00458,$$

so hielt ich es der Sicherheit halber für geboten, denselben noch auf eine andere Weise zu bestimmen. Ich maass zu dem Ende nacheinander die Schwingungsdauern des obigen Magnets am Ort des Multiplikators zuerst wie beschrieben während der Magnet in der Höhlung des Multiplikators schwebte und sodann, nachdem ich den Multiplikator entfernt hatte (derselbe lässt sich nämlich mit seinem Grundbrett nebst Axe abheben und durch ein anderes ganz gleiches Brett mit Axe aber ohne Multiplikator ersetzen, auf welches sich der Glaskasten

ebenso wie auf jenes dicht aufsetzen lässt). Heissen wir die erste Schwingungsdauer T und die zweite T_0, ferner die Mittel der während ihrer Beobachtung abgelesenen Bifilarstände im unterirdischen Pavillon, je bereits auf die Normaltemperatur reducirt resp. n' und n'_0, die Mittel-Temperaturen und Mittel-Amplituden des grossen Magnets bei den Schwingungen resp. t und t_0 sowie α und α_0, so berechnet sich f nach der Formel:

$$f = \frac{T_0^2}{T^2}\,[1 + (n_0' - n')k'] - 1 - (2\,x + \mu)\,(t_0 - t) + 0{,}00003808\,(\alpha^2 - \alpha_0^2).$$

Die Beobachtungen vom 3. September 1883 ergaben:

$$T_0 = 13^s{,}3331 \pm 0{,}0003\,,\quad n_0' = 312{,}40\,,\quad t_0 = 18^\circ{,}06\,,\quad \alpha_0 = 2^\circ{,}3\,,$$
$$T = 13{,}2961 \pm 0{,}0006\,,\quad n_0 = 316{,}27\,,\quad t = 18{,}00\,,\quad \alpha = 2^\circ{,}5.$$

Hiermit berechnet sich der Werth:

$$f_1 = 0{,}00451,$$

der also von dem frühern Werth nur um 0,00007 abweicht. Führt man diesen statt jenes in die obigen Beobachtungen ein, so erhalten wir:

$$L = 1{,}000006.$$

Wir können also im Mittel beider Resultate

$$L = 1{,}00000$$

annehmen, was von vorne herein zu erwarten war, da das ganze Gebäude eisenfrei ist, bei der Tangenten-Boussole keinerlei Eisengehalt zu bemerken war und derjenige des Multiplikators durch f_1 bereits in Rechnung gebracht ist.

Die Veränderung, welche der grosse Multiplikatormagnet in der transversalen Lage bei den Empfindlichkeitsbeobachtungen am Ort des Magnets der Tangenten-Boussole in der Horizontal-Intensität bewirkt, ist gegeben durch den Ausdruck (51″), da in der That in unserm Fall sehr nahe der erstere im magnetischen Meridian durch den letztern liegt.

Nun ist nach dem Plan Tafel IV und nach S. 37:

$$r = 10150 \text{ mm} \qquad M = 10^8 . 2{,}880$$

und im Maximum ist bei den Empfindlichkeitsbestimmungen:

$$\zeta = 3^\circ\,30'.$$

Im Maximum wird also sein:

$$dH = 0{,}0000336.$$

Dieser Einfluss ist somit kleiner als die zu tolerirende Fehlergrenze und würde überdies, wenn er auch grösser wäre, aus dem Resultat herausgehen, da er mit ζ sein Zeichen wechselt und zu jeder Beobachtung an der Tangenten-Boussole zwei solche am Multiplikator gehören, bei welchen der Magnet desselben nach der einen und andern Seite aus der Transversal-Lage abgelenkt ist.

Die Veränderung dH' der Horizontal-Intensität am Ort des Multiplikators durch den Magnet der Tangenten-Boussole wird anderseits durch die Gleichung (51‴) dargestellt, welche für $\zeta' = 0$ ihren Maximalwerth:

$$dH' = \frac{2m}{r^3}$$

annimmt. Setzen wir hier für r obigen Werth und für m den S. 48 mitgetheilten, so finden wir:

$$dH' = 0{,}0000144,$$

also ebenfalls eine ganz zu vernachlässigende Grösse.

Ausser diesen beiden Magneten befanden sich aber zur Zeit der Empfindlichkeitsbestimmungen wie der Messungen überhaupt noch zwei andere im Local, nämlich derjenige des Hülfsbifilars *HB*, senkrecht zum magnetischen Meridian orientirt und der des Galvanometers *G*, im Meridian befindlich.

Das magnetische Moment des erstern betrug bei 20°:

$$m_h = 10^7 . 1{,}366,$$

dasjenige des letztern bloss:

$$m_g = 10^5 . 5{,}72.$$

Gemäss ihrer symmetrischen Lage seitlich zwischen den beiden Apparaten und in nahe gleicher Distanz von ihnen werden die Wirkungen des Galvanometermagnets am Ort des Multiplikators und bei der Tangenten-Boussole für die Horizontal-Intensität gleich gross und von gleichem Zeichen sein, also keine Differenz zwischen beiden Orten bewirken, während diejenigen des Bifilarmagnets entgegengesetztes Zeichen haben, also eine ihrer Summe entsprechende Differenz bedingen. Da der Winkel der Verbindungslinie des Hülfs-Bifilars mit dem Multiplikator resp. der Tangenten-Boussole nahe 45° und ebenso beide Entfernungen nahezu gleich sind, so ist die durch seinen Magnet bewirkte Differenz genau genug gegeben durch:

$$dH'' = \frac{3m_h}{r^3}$$

Nun ist:

$$r = 7700 \text{ mm},$$

also:

$$dH'' = 0{,}000090.$$

und zwar ist um diesen Betrag die Horizontal-Intensität am Ort des Multiplikators gegenüber derjenigen bei der Tangenten-Boussole vergrössert.

Dieser Einfluss ist in dem oben betimmten L nicht mit inbegriffen, da zur Zeit jener Messungen das Hülfsbifilar bereits entfernt war. Es ist also in Folge der Einwirkung des Magnets des Hülfsbifilars L nicht gleich 1 gewesen, sondern hatte den Werth:

$$L = \frac{H + dH''}{H} = \frac{1{,}63509}{1{,}63500} = 1{,}000055 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(XII)}$$

Diese Grösse entspricht sehr nahe der zu tolerirenden Fehlergrenze für L, daher ihre bloss angenäherte Bestimmung als ganz genügend bezeichnet werden kann. Nach Gleichung (48) ist nämlich: $\frac{dL}{L} = \frac{dC}{C}$ und somit soll nach S. 61 mindestens sein: $\frac{dL}{L} = \pm 0{,}00005$.

Hier ist endlich auch der Ort, zu erwähnen, dass der Hauptmagnet des Multiplikators bei der Umlegung um 180° in seiner Transversallage den Stand des Magnets der Tangenten-Boussole um 2,75 Scalen-Theile verändert, also in der einen oder andern Lage den letztern um die Hälfte oder 35″,1 aus dem magnetischen Meridian ablenkt (die Berechnung nach den Gauss'schen Formeln ergibt hierfür ebenfalls 35″,1). Es folgt daraus, dass die Ablenkungen dieses Magnets um $3°{}^1/_2$ nach der einen oder andern Seite aus der Transversal-Lage bei den Empfindlichkeitsbestimmungen ohne merklichen Einfluss auf den Magnet der Tangenten-Boussole sein werden. Dies wurde noch durch directe Beobachtungen am 6. Juli bestätigt, wobei auch obige Grösse bestimmt wurde. Zugleich fand ich dabei, dass die Ablenkungen an der Tangenten-Boussole ohne Einfluss sowohl am Bifilarmagnet des Multiplikators, als bei den Magneten des Galvanometers für die Widerstandsmessungen und des Hülfsbifilars im Westarm seien; dass dagegen Ablenkungen von 500 Scalentheilen am Bifilarmagnet des Multiplikators zwar ohne Einfluss auf die Tangenten-Boussole seien, wohl aber den Magnet des Galvanometers um 0,27 Scalentheile und den des Hülfsbifilars um 0,19 Scalentheile im gleichen Sinne (wachsende Scalentheile — wachsende Scalentheile) ablenken.

8. Verification der Maassstäbe.

Zu den Ausmessungen bei der Tangenten-Boussole wurde gemäss S. 50 erstlich ein neben derselben vertikal aufgestelltes Meter aus Messing, sodann zwei in Millimeter getheilte, horizontale Messing-Maassstäbe oben und unten und endlich ein aus Neusilber angefertigter Calibermaassstab benutzt. Die benutzten Theile des letztern erwiesen sich bis auf $\pm$ 0,02 mm unter sich als richtig und in ihrer absoluten Länge der Theilung des Messingmeters entsprechend. Das letztere war das schon sub 3 erwähnte Normalmeter des Pawlowsker Observatoriums, dessen Millimeter-Theilung im Ganzen 1040 mm umfasst. Bei der Ausmessung des Durchmessers der Drahtwindungen auf den Rädern wurde stets die Länge 0—1013 Millimeter desselben benutzt, welche ich am 23. und 24. September nach dem messingenen Normalmeter des physikalischen Central-Observatoriums auf seinem kleinen Längen-Comparator in folgender Weise verificirte.

Zunächst wurde die Länge 0—1000 des Pawlowsker Meters mit der entsprechenden des Normalmeters verglichen und gefunden für 0°:

$$P_0\,(0 - 1000) = N_0\,(0 - 1000) - 0{,}033\text{ mm} \pm 0{,}003\text{ mm}.$$

Nun ist nach den Verificationen in den Jahren 1879 und 1880 mit vollkommen sicherer Beziehung auf das Meter der Archive zu Paris durch das Mittel des internationalen Maass- und Gewichts-Bureaus in Sèvres (siehe Jahresbericht des physikal. Central-Observatoriums für 1879 und 1880, Beilage I. 1. S. 34):

$$N_0\,(0 - 1000) = 1\text{ m} - 0{,}032\text{ mm}.$$

Folglich ist bei 0° auch:

$$P_0\,(0 - 1000) = 999{,}935 \text{ wahre Millimeter}.$$

Ferner fand ich durch Vergleichung:

$$P\,(20 - 1000) = N_0\,(20 - 1000) - 0{,}050\text{ mm}$$
$$P\,(20 - 1013) = N\,(7 - 1000) - 0{,}042\text{ mm},$$

woraus folgt:

$$P\,(1000 - 1013) = N\,(7 - 20) + 0{,}008\text{ mm}.$$

Nun ist nach den Verificationen der Unterabtheilungen des Normal-Meters N bei der Lage mit Theilfläche nach oben gekehrt[1]):

$$N\,(7 - 20) = 12{,}990 \text{ wahre Millimeter};$$

und somit ist die gesuchte Grösse bei 0°:

$$P_0\,(10 - 1013) = 1012{,}933 \text{ wahre Millimeter} \ldots\ldots\ldots \textbf{(XIII)}$$

Nach S. 45 kamen von der Theilung auf der messingenen Sashen, die zur Ausmessung der Entfernungen E bei den Ablenkungsbeobachtungen diente, bloss 3 Stücke nämlich 0—26″, 0—83″ und 0—84″ zur Verwendung, die also auch allein zu verificiren waren.

Am 22. September erhielt ich durch Vergleichung auf demselben Comparator mit dem Normalmeter folgende Daten:

$$S\,(0 - 26'') = N\,(40 - 700) + 0{,}183\text{ mm}$$
$$S\,(26 - 57'') = N\,(3 - 790) + 0{,}127\text{ »}$$
$$S\,(57 - 83) = N\,(40 - 700) + 0{,}178\text{ »}$$
$$S\,(57 - 84) = N\,(5 - 690) + 0{,}588\text{ »}$$

1) H. Wild, Metrologische Studien, S. 10. Mémoires de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg, T. XXIII, № 8.

und am 23. September erhielt ich durch Verschieben des Normalmeters auf seinen Rollen-Unterlagen vermittelst einer Mikrometerschraube, wobei abwechselnd die Theilstriche 0 und 790 einerseits und 10—800 anderseits, unter die 790 mm. auseinanderstehenden Mikrometer-Mikroskope gebracht wurden und später in ähnlicher Weise 0—690 und 10—700 unter die bloss 690 mm entfernten Mikroskope:

$$N\,(790-800) = N\,(0-10) + 0{,}0062 \text{ mm},$$
$$N\,(690-700) = N\,(0-10) + 0{,}0112 \text{ mm}.$$

Benutzen wir wieder die erwähnten und die vorstehende Verification der Theilstriche des Normalstabs und bringen an den l. c. mitgetheilten absoluten Werthen pro Decimeter eine Correction von —0,0016 mm. an zur Reduction auf wahre Millimeter (siehe den erwähnten Jahresbericht) so findet man

$$N\,(40-700) = 659{,}979 \text{ wahre Millimeter}$$
$$N\,(\ 3-790) = 786{,}983 \quad » \qquad »$$
$$N\,(\ 5-690) = 684{,}971 \quad » \qquad »$$

und damit:

$$S\,(0-26'') = 660{,}162 \text{ wahre Millimeter bei } 0°$$
$$S\,(0-83'') = 2107{,}429 \quad » \qquad » \qquad » \quad »$$
$$S\,(0-84'') = 2132{,}831 \quad » \qquad » \qquad » \quad »$$

Daraus folgt für die bei der Ausmessung comparirenden Grössen bei 0°:

$$\left.\begin{aligned} 2\,.(0-84) - (0-26) &= 3605{,}500 \text{ mm} \\ 2\,.(0-83) - (0-26) &= 3554{,}696 \text{ mm} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XIV)}$$

Für die Verwandlung der an dem einen Ende des Maassstabs bei jeder Messung von E jeweilen abgelesenen Bruchtheile des englischen oder russischen Zolls in Millimeter benutzte ich die Relation:

$$1 \text{ Zoll engl.} = 25{,}40 \text{ mm}.$$

Die Sicherheit dieser Resultate beträgt mindestens $\pm$ 0,003 mm.

9. Ausmessung der Tangenten-Boussole.

Die Ausmessung der Tangenten-Boussole und ihre Justirung nach der sub II. 2 erörterten Methode habe ich vor Beginn der Beobachtungen zuerst am 21. bis 29. Juni 1883 ausgeführt.

Am 21. und 23. Juni maass ich zunächst bei zwei verschiedenen Temperaturen nämlich im Mittel bei 19°9 am ersten und bei 14°9 am zweiten Tage vermittelst des Kathetometers und Messingmeters den vertikalen und gleich darauf den horizontalen Durchmesser der

scheinbar äussersten Drahtwindung auf beiden Rädern. Um hierbei den horizontalen Durchmesser zu bestimmen, wurde das betreffende Rad nach Lösung der Klemmscheibe *dd* (siehe Tafel III) auf seiner Axe um 90° umgedreht und diese dann wieder angezogen. Darauf wurde die Temperatur des Saales wieder auf 20°1 gesteigert und am 25. Juni eine neue Messung nicht bloss jener zwei Durchmesser, sondern von noch 4 andern, um 60° davon entfernten und paarweise auf einander senkrecht stehenden ausgeführt. Am 26. Juni verglich ich endlich noch die Durchmesser der verschiedenen Windungen auf demselben Rad mit dem der äussersten gemessenen Windung, aber nur je für die 2 erst erwähnten Durchmesser. Nach den Resultaten dieser Messungen justirte ich dann am 29. Juni die Entfernung beider Räder vom Centrum des Apparats sowie ihre Parallelstellung, wie dies S. 51 angegeben ist.

Da im Juli theilweise sehr feuchte Witterung stattgefunden hatte, bei welcher sich auch in unserm Beobachtungslocal die relative Feuchtigkeit der Luft von den anfänglichen 58% der Sättigung häufig bis zu 76% hob, so schien es mir Ende Juli geboten, eine neue Ausmessung der Tangenten-Boussole vorzunehmen, um allfällige Veränderungen der Rad-Durchmesser durch ein Quellen des Holzes zu constatiren. Erste Messungen am 29. Juli nach Aufstellung des Cathetometers und Justirung des ganzen Messapparats schienen in der That auf solche Veränderungen hinzuweisen; die betreffenden Durchmesser wurden um 0,1 mm grösser gefunden. Eine eingehendere Untersuchung zeigte mir indessen bald, dass dies Resultat nur einer andern Beleuchtung der Drähte beizumessen sei und je nach dem Modus der letztern um nahe 0,2 mm verschiedene Durchmesser erhalten werden konnten. Durch Prüfung mit einer vertikal über der Mitte des Drahtes aufgestellten Nadel, deren Spitze nahezu den Draht berührte, zeigte es sich, dass bei einem einfach hellen Hintergrund, wie ich ihn zuerst wählte und auf den sich der obere Rand des Drahtes scharf dunkel zu projiciren schien, die Grenze zwischen Hell und Dunkel durch Reflexion des hellen Hintergrunds an der gewölbten Oberfläche in den Draht um 0,05 bis 0,10 mm. hineinrückt und dass man ähnlich wie bei den Quecksilberkuppen der Barometer nur dann die richtige Grenze sieht, wenn man die Trennungslinie eines unten weissen, oben schwarzen Hintergrunds ganz nahe an den Draht von oben heranrückt. Derselbe projicirt sich dann bis zu seinem obern Rand ganz dunkel auf den ihn wenig überragenden hellen Hintergrund. Zu dem Ende wurde bei den Messungen der Durchmesser zwischen den ersten und zweiten Draht einfach ein steifes, etwa 10 mm hohes Papierstück eingeschoben, das unten ungefähr 1 mm hoch weiss, darüber matt schwarz war. Es verhindert dies zugleich die hintern Drahtwindungen, die etwa höher stehen, zu sehen. In ähnlicher Weise verfuhr ich, um beim Vergleich der Durchmesser der verschiedenen Windungen, die Drahtkuppen dunkel und richtig auf hellem Hintergrund zu sehen. In dieser Weise wurden definitive Messungen am 30. und 31. Juli gemacht und am 1. August darnach die Räderstellung neu justirt. Nach Vollendung aller Beobachtungen habe ich endlich noch am 24. August die Räderstellung neu verificirt und dieselbe unverändert d. h. bis ±0,02 mm genau ebenso wie am 1. August gefunden. Darauf führte ich an diesem Tage und am 25. August nochmals eine Bestimmung aller Durchmesser aus.

Nachstehend theile ich zunächst die Resultate aller directen Bestimmungen der Durchmesser der äussersten Windung beider Räder mit. Dieselben wurden nach folgendem Schema gemacht:

Rad I, Durchmesser 1		oberes Mikrometer		unteres Mikrometer
Drahtrand		0°,33		0°,23
Meter	1013 mm	0,98	0 mm	0,33
Drahtrand		0,33		0,23

Hieraus folgt für den Durchmesser 1 des Rades I: $I_1 = (0 - 1013) + 0{,}10\,\text{mm} - 0{,}65\,\text{mm} - d$, wo d den Durchmesser des Drahtes darstellt, der durch Ausmessung an sehr vielen Stellen im Mittel genau

$$d = 1{,}00\ \text{mm}$$

gefunden wurde. Setzt man ausserdem den Werth von (0 — 1013) nach (XIII) ein, so kommt schliesslich:

$$I.1 = 1011{,}38\ \text{mm}.$$

Für jeden Durchmesser sind je zwei vollständige Messungen nach dem vorstehenden Schema gemacht und daraus dann das Mittel gezogen worden. Die Differenzen der beiden einzelnen Resultate betrugen durchschnittlich bloss 0,01 mm. So sind die folgenden Zahlen erhalten:

	Datum	21. Juni	23. Juni	25. Juni	30. Juli	31. Juli	24. August
	Temperatur	19°,9	14°,9	20°,1	20°,8	20°,4	21°,0
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Rad I. Durchmesser.	1)	1011,38	1011,41	1011,40	1011,53	1011,54	1011,54
	2)	1011,49	1011,52	1011,50	60	63	61
	3)			1011,45	55	59	59
	4)			1011,46	59	61	60
	5)			1011,38	46	47	46
	6)			1011,42	53	53	52
Rad II. Durchmesser.	1)	1011,55	1011,61	1011,58	1011,73	1011,75	1011,74
	2)	1011,53	1011,56	1011,56	70	73	69
	3)			1011,50	64	65	62
	4)			1011,61	73	75	72
	5)			1011,53	62	59	60
	6)			1011,56	66	61	62

Dem Vorigen zufolge sind die Messungen vom 31. bis 25. Juni als unrichtig zu verwerfen und bloss die Mittel der 3 letzten Serien zu nehmen.

Nachstehend gebe ich diese Mittelwerthe und füge mit + und — diejenigen Grössen hinzu, um welche diese Durchmesser der ersten Windung zufolge der Vergleichung aller

übrigen Windungen mit ihr am 1. und 25. August zu vergrössern resp. zu verkleinern sind, um das Mittel aller Windungen zu erhalten.

		Aeusserste Windung.	Correction von den and. Windungen.		Mittlerer Durchmesser aller Windungen.
		mm	*mm*		*mm*
Rad I.	1)	1011,537	+ 0,002	=	1011,539
	2)	613	— 0,015	=	598
	3)	577	+ 0,035	=	612
	4)	600	+ 0,005	=	605
	5)	463	+ 0,065	=	528
	6)	527	+ 0,000	=	527
Rad II	1)	1011,740	+ 0,000	=	1011,740
	2)	707	+ 0,010	=	717
	3)	637	+ 0,010	=	647
	4)	733	+ 0,010	=	743
	5)	603	— 0,003	=	600
	6)	630	+ 0,023	=	653

Der mittlere Durchmesser aller Windungen und gemessenen Stellen auf jeder ist somit bei 20°7 C.

Rad I. $2R = 1011{,}565$ mm
Rad II. $= 1011.683$ »
Mittel für beide Räder: $2R = 1011{,}624$ mm

und somit unsere Grösse:

$$R = 505{,}812 \text{ mm}$$

bei 20°7 gemessen,

welcher Werth für die ganze Zeit gilt.

Nach den unrichtigen Messungen vom 25. Juni war mit Anbringung der Correction herrührend von allen andern Windungen der mittlere Werth des Durchmessers:

Rad I. $2R = 1011{,}46$ mm
» II. $= 1011{,}57$ »
Mittel: $2R = 1011{,}515$ mm

oder:

$$R = 505{,}757.$$

Statt indessen nach dieser Grösse die Entfernung der Räder zu justiren, wurde bei der Berechnung der Räderstellung nach S. 51 als solche Distanz in runder Zahl: 505,8 mm genommen und darnach am 29. Juni justirt, so dass die Entfernung der mittleren Umgänge von der Drehungsaxe des Apparats von da an war:

$$D = 252{,}90 \text{ mm bei } 19°3.$$

Am 29. Juli wurde diese Entfernung neu verificirt und im Mittel unverändert gefunden, doch hatte sich der Parallelismus der Räder in der Art verändert, dass sie oben um 0,5 mm auseinander und unten um ebenso viel näher gerückt waren.

Am 1. August erfolgte dann eine neue Justirung der Räder, wobei die letzten Abmessungen nach Fixirung der Räder ergaben, dass sie bis auf $\pm$ 0,1 mm genau parallel und die durchschnittliche Distanz ihrer mittleren Drahtwindungen nach Anbringung der Correction des Maassstabs von der Drehungsaxe aus sei:

$$D = 252{,}905 \text{ mm bei } 20^{\circ}4.$$

Die neuen Abmessungen endlich am 24. August vor Beginn der Verstellung der Räder ergaben:

$$D = 252{,}907 \text{ mm} \qquad \text{bei } 20^{\circ}9.$$

Es ist somit ebenso für die ganze Zeit der Beobachtungen genau genug zu setzen:

$$D' = 252{,}906 \text{ mm}$$
$$\text{bei } 20^{\circ}7 \text{ gemessen,}$$

wenn wir berücksichtigen, dass dieses Mittel von dem obigen bei 19°3 und der ersten Justirung erhaltenen bloss um 0,006 mm d. h. eine jenseits der Beobachtungsfehlergrenze gelegene Grösse abweicht.

Da die angewandten Maassstäbe von Messing waren und ihre wahre Länge als Metermaasse bei 0° haben, so finden wir aus obigen Daten für die wahren Längen des mittleren Radius R der Windungen und der Entfernung D der mittleren Windungen auf beiden Rädern vom Centrum nach der Formel (60′) und dem Werth von m nach (III) S. 65 für 20°7:

$$\left.\begin{aligned} R &= 506{,}000 \\ D &= 253{,}000 \end{aligned}\right\} \text{wahre Millimeter} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(XV)}$$

Bei unserm Apparat ist hiernach genau:

$$D = \frac{R}{2}.$$

Nach S. 47 ist die halbe Länge des Magnets der Tangenten-Boussole:

$$l' = 44{,}9 \text{ mm}$$

und folglich die Entfernung seiner Pole von der Mitte nach der Hypothese S. 40 $c = 0{,}86$:

$$l = cl' = 38{,}6 \text{ mm}.$$

Dieser Werth von l und den vorstehenden von R in die Gleichung (58) eingesetzt, ergeben für das Corrrectionsglied in der Klammer, $\psi = 3^1/_2{}^{\circ}$ angenommen:

$$0{,}432 \cdot \frac{l^4}{R^4} (1 - 14 \sin^2 \psi + 21 \sin^4 \psi) = 0{,}000014,$$

wonach also in der That dieses Correctionsglied (und somit auch das 3. Glied in Gleichung (56)) als sehr klein zu vernachlässigen ist.

Wir sind demnach berechtigt, uns zur Berechnung des Werthes von K an die Gleichung (60) zu halten. Da ist aber dem Vorigen zufolge zu setzen:

$$u = 7, \quad \Delta = 1{,}825 \text{ mm.}, \quad l = 38{,}6 \text{ mm.},$$
$$R = 506{,}00 \text{ mm.}, \quad \frac{D^2}{R^2} = \frac{1}{4},$$

so dass kommt:

$$K = 0{,}1332777 \, (1 - 0{,}00000012 + 0{,}0000106).$$

Hieraus ist ersichtlich, dass in unserm Fall auch diese Correctionen verschwindend klein sind und somit einfach die Zahl der Umgänge auf der Rolle mit dem ersten Factor in Gleichung (58) zu multipliciren ist, um den definitiven Werth von K genügend genau zu erhalten. Berücksichtigen wir, dass vorstehender Ausdruck nur für eine Rolle gilt und wir deren 2 resp. nicht 15, sondern 30 Umgänge auf beiden zusammen haben, so kommt:

$$K = 0{,}266556 \qquad \text{für } 20{,}7.$$

Die zu tolerirende Genauigkeitsgrenze für K ist nach (48) und S. 61 gegeben durch:

$$\frac{dK}{K} = \frac{dC}{C} = \pm 0{,}00005,$$

woraus mit obigem Werth von K folgt:

$$K = \pm 0{,}000013.$$

Damit aber K so genau wird, müsste nach der Relation:

$$\frac{dR}{R} = \frac{dK}{K} = \pm 0{,}00005$$

der Fehler dR in der Bestimmung des Halbmessers R der Windungen der Tangenten-Boussole höchstens sein:

$$dR = \pm 0{,}025 \text{ mm.}$$

In Wirklichkeit war aber dieser Fehler, wie die mitgetheilten Messungsresultate zeigen, jedenfalls nicht grösser als die Hälfte dieser Grösse.

Nach Gleichung (60″) wird bei einer Temperatur τ_m der obige Werth von K unter Einsetzung der Werthe von r und d nach (I) von Seite 63:

$$K_{t_1} = 0{,}266556 \, [1 + 0{,}000033 \, (20{,}7 - \tau_m)]. \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(XVI)}$$

10. Multiplicatorconstante b.

Herr Dr. Chwolson hat am 2. Juli genau nach der sub I 4 angegebenen Methode durch Messung der logarithmischen Decremente bei geschlossener Leitung in 6 Azimuthen des Multiplikators die Constante b seiner Function bestimmt, wobei die schon früher erwähnte Vorsicht beobachtet wurde, nur solche Messungen als gültig zu betrachten, während deren das Hülfsbifilar keine 0,1 Scalentheil überschreitende Veränderung in seinem Stande gezeigt hatte. Folgendes sind die Daten seiner Messungen:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Goettinger Zeit	10^h2^m a.	10^h37^m a.	12^h2^m a.	12^h40^m a.	1^h6^m p.	1^h22^m p.
Multiplikator: Kreis	91°,70	93°,25	94°,95	87°,65	88°,95	89°,35
Multiplikator: Fixer Spiegel	595,6	793,5	1043,5	6,3	193,7	391,2
Magnet-Ruhe-Lage	498,7	509,0	501,0	507,4	512,2	516,0
Temperatur	19°,82	19°,82	19°,85	19°,82	19°,80	20°,00
$(\lambda'_{g,n})_{1000}$	0,67770	0,67456	0,66225	0,65751	0,66923	0,67558
$(\lambda'_{g,n})_{0}$	0,67496	0,66584	0,64732	0,67056	0,67706	0,67846

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
λ'_n	1,5573	1,5432	1,5077	1,5290	1,5477	1,5589
a_n	+ 0,012013	+ 0,035169	+ 0,066920	— 0,061789	— 0,039687	— 0,017710

Die Gleichung (34) kann man auch so schreiben:

$$\lambda_n' = \lambda' - LA^2 + 2L\,a_n A - L\,a_n^2$$

oder wenn:

$$\begin{aligned} \lambda' - LA^2 &= \alpha \\ 2LA &= \beta \\ -L &= \gamma \end{aligned}$$

gesetzt wird:

$$\lambda_n' = \alpha + \beta . a_n + \gamma . a_n^2.$$

Setzt man hier obige Werthe von λ'_n und a_n ein, so erhält man 6 Gleichungen, aus welchen nach der Methode der kleinsten Quadrate folgende wahrscheinlichste Werthe der Unbekannten erhalten wurden:

$$\alpha = 1{,}559713, \qquad \beta = -0{,}1119, \qquad \gamma = -9{,}947.$$

Hieraus aber findet man:

$$A = -0{,}005625 = \text{arc.} -19',$$
$$L = 9{,}947, \qquad \lambda' = 1{,}559745.$$

Nach (35′) folgt hieraus:

$$b' = 5{,}1042.$$

Mit Hülfe dieses angenäherten Werthes von b' berechnet sich nach (32), wo im vorliegenden Fall:

$$\Phi_a = 0{,}07536$$

ist, zunächst wieder:

$$\lambda = 1{,}56458$$

und damit endlich nach (35′):

$$b = 5{,}0942. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(XVII)}$$

11. Verification des Rheostatendrahts und des Widerstandskastens № 2805.

Zu den einmaligen Widerstandsbestimmungen an der Wheatstone'schen Brücke gehörte zunächst die Calibrirung des Rheostatendrahts.

Hierzu wurde die Brücke in der durch Fig. 1 Tafel V dargestellten Einrichtung verwendet, in die Zweige 1 und 2 resp. in den Kasten 2803 und 2804 je 0,9 *S. E.* eingeschaltet, in Zweig 4 allmählich je um ungefähr 0,025 *S. E.* zunehmende Widerstände eingeführt — man hatte sich zu dem Ende noch Unterabtheilungen von 0,1 *S. E.*, der kleinsten Grösse in den Kasten, nämlich solche von 0,05 und 0,025 *S. E.* von Neusilberdraht angefertigt, der auf Holz aufgewunden und an dicke Kupferdrähte zum Einsetzen in die Quecksilbernäpfe angelöthet war — und jeweilen durch Drehen des Rheostaten Gleichgewicht hergestellt, so dass der Contact c auf dem Draht allmählich je um eine halbe Umdrehung weiter rückte. Bei jeder solchen neuen Stellung wurde am Rheostat Gleichgewicht resp. Strom-Annullirung im Galvanometerzweig mit und ohne Einschaltung eines ganz bestimmten, ungefähr 0,025 *S. E.* betragenden Widerstandes N hergestellt, so dass man nach und nach aus den Differenzen beider für immer weiter rückende Stellen auf dem Rheostatendraht dem Widerstand N entsprechende Stücke desselben erhielt.

Nachdem wir uns vorher bereits versichert hatten, dass ein vielfaches Hin- und Herdrehen des Rheostaten, Herausnehmen und Einsetzen der gut amalgamirten Verbindungsdrähte in die Quecksilbernäpfe, sowie von Stöpseln in den Widerstandskasten (wenn diese rein sind und recht fest eingesetzt werden), endlich ein 40^s langer Stromesschluss keinerlei Einfluss auf die Einstellung am Rheostaten habe, hat dann Herr Chwolson am 19. Juni von $9^h\ 30^m$ bis $11^h\ 45^m$ a. und bei von 19°,36—19°,69 variirender Temperatur auf dem Tisch der Brücke folgende Daten nach der oben erörterten Methode erhalten:

1. Beobachtungsreihe.

Einschaltung von N	Ablesung am Rheostat	Differenz	Einschaltung von N	Ablesung am Rheostat	Differenz.
ohne	10,509		ohne	11,016	
mit	11,033	0,5240	mit	11,541	0,5250
ohne	10,509		ohne	11,016	

Einschaltung von N	Ablesung am Rheostat	Differenz	Einschaltung von N	Ablesung am Rheostat	Differenz.
ohne	11,550		ohne	14,044	
mit	12,074	0,5240	mit	14,568	0,5240
ohne	11,550		ohne	14,044	
ohne	12,012		ohne	14,577	
mit	12,537	0,5250	mit	15,101	0,5240
ohne	12,012		ohne	14,577	
ohne	12,546		ohne	15,077	
mit	13,071	0,5245	mit	15,602	0,5245
ohne	12,547		ohne	15,078	
ohne	13,048		ohne	15,613	
mit	13,573	0,5250	mit	16,138	0,5250
ohne	13,048		ohne	15,613	
ohne	13,584		ohne	16,022	
mit	14,107	0,5235	mit	16,548	0,5250
ohne	13,583		ohne	16,024	

2. Beobachtungsreihe.

ohne	10,292		ohne	13,824	
mit	10,816	0,5240	mit	14,349	0,5250
ohne	10,292		ohne	13,824	
ohne	10,795		ohne	14,357	
mit	11,320	0,5250	mit	14,881	0,5240
ohne	10,795		ohne	14,357	
ohne	11,330		ohne	14,858	
mit	11,854	0,5240	mit	15,384	0,5255
ohne	11,330		ohne	14,859	
ohne	11,792		ohne	15,393	
mit	12,316	0,5240	mit	15,918	0,5250
ohne	11,792		ohne	15,393	
ohne	12,325		ohne	15,803	
mit	12,850	0,5245	mit	16,329	0,5260
ohne	12,326		ohne	15,803	
ohne	12,829		ohne	16,337	
mit	13,353	0,5240	mit	16,861	0,5240
ohne	12,829		ohne	16,337	
ohne	13,363				
mit	13,888	0,5250	—	—	—
ohne	13,363				

Aus diesen Differenzen geht unzweideutig hervor, dass unser Rheostatendraht bis auf die Genauigkeitsgrenze der Einstellung i. e. 0,001 Umdrehung desselben oder also bis 0,00005 S. E. (die Verschiebung geht bei der Messung mit dem doppelten Werth des Widerstandes des betreffenden Theils, siehe S. 27 und 53, in das Resultat ein) Widerstand als calibrisch zu betrachten ist.

Es waren darauf die einzelnen Widerstände des Kastens № 2805 untereinander und in ihrem Verhältniss zu einer wahren Siemens'schen Einheit zu vergleichen und zu dem Ende auch die Temperaturcoefficienten zu bestimmen.

Um eine möglichst authentische Siemens'sche Einheit für den vorstehenden Zweck zu erhalten, schickte ich zwei Dosen-Einheiten, nämlich № 819, die ich in der Sammlung des physikalischen Cabinets der Akademie vorfand, und № 1190, welche ich selbst seiner Zeit für das physikalische Central-Observatorium angeschafft hatte, Herrn Dr. O. Frölich, Physiker bei der Telegraphenbau-Anstalt von Siemens & Halske in Berlin, mit der Bitte zu, dieselben für mich gefälligst auf's Neue nach der Quecksilbereinheit verificiren zu wollen. Herr Frölich ist dieser Bitte auf's Bereitwilligste nachgekommen, wofür ich ihm hier meinen wärmsten Dank ausspreche.

Die Dosen-Einheit № 819 sollte ihrer Aufschrift zufolge bei 23°1 C. richtig sein. Ihr übles Aussehen, sowie der Umstand, dass die Siegel auf den, zur Befestigung des Deckels dienenden Schrauben fehlten, diese auch nicht mehr fest sassen und so der Deckel lose auflag, liess mich indessen vermuthen, dass sie in unberufene Hände gelangt und so wohl nicht mehr ganz richtig sein dürfte.

Dagegen ist die Dosen-Einheit № 1190 stets unter meiner persönlichen Aufsicht geblieben und nur ein Mal zur Vergleichung mit der Einheit eines Widerstandskastens von mir selbst benutzt worden. Sie sollte nach der Aufschrift bei 20°2 C. richtig sein.

Nachstehend theile ich das, den Dosen-Einheiten bei der Rücksendung beigegebene Protokoll über ihre Verification wörtlich mit:

Vergleichung der Dosen-Einheiten № 819 und 1190 aus Petersburg.

Bei Empfang derselben fehlten an № 819 die Siegel auf den zur Befestigung des Deckels dienenden Schrauben vollständig, letztere waren überschraubt, so dass der Deckel leicht abgehoben werden konnte. Die den Neusilberdraht mit den Messingschienen verbindenden Klemmen schienen vor nicht langer Zeit gelöst, verwechselt und nur sehr mangelhaft wieder angelöthet zu sein, so dass wahrscheinlich dadurch die Länge des eingespannten Drahtes verändert ist.

Die Dosen-Einheit wurde in diesem Zustande belassen, gemessen und hierauf der Deckel mit neuen Schrauben befestigt und diese versiegelt.

Bei der Dosen-Einheit № 1190 waren die Siegel auf den Deckelschrauben unbeschädigt.

Die Dosen wurden mit der Neusilber-Normal-Rolle 1 bei verschiedenen Temperaturen verglichen. Der Werth dieser Rolle ist nach einer, mehrere Tage zuvor angestellten Vergleichung mit der Quecksilber-Einheit № 122 (= 1,01313 bei 0° C.):

Rolle 1 bei 20° C. = 1,00020 S. E.

Hierbei kamen als Coefficienten in Rechnung:

Quecksilber: $\alpha = 0{,}0008523$, Neusilber: $\alpha = 0{,}0003287$,
» $\beta = 0{,}000001356$, » $\beta = 0{,}000000156$.

Es ergaben sich bei Vergleichung der Dosen mit Rolle 1 folgende Gleichungen:

Dose 819 bei 16°,39 C. = (Rolle 1 bei 16°,17 C.) × 1,00594.
» 819 » 12,48 » = » 1 » 12,34 » × 1,00576.
» 819 » 22,42 » = » 1 » 22,57 » × 1,00603.
» 1190 » 16,53 » = » 1 » 16,36 » × 0,99979.
» 1190 » 15,44 » = » 1 » 15,29 » × 0,99976.
» 1190 » 22,49 » = » 1 » 22,55 » × 0,99948.

und hieraus:

			berechnet:
Dose	819 bei 16°,39 C.	= 1,00485 S. E.	1,00484 S. E.
»	819 » 12,48 »	= 1,00340 »	1,00340 »
»	819 » 22,42 »	= 1,00709 »	1,00707 »
»	1190 » 16,53 »	= 0,99878 »	0,99875 »
»	1190 » 15,44 »	= 0,99841 »	0,99842 »
»	1190 » 22,49 »	= 1,00052 »	1,00054 »

Hieraus ergiebt sich als Schlussresultat:

Dose 819 = 1 S. E. bei 3°,3 C. Temperaturcoefficient = 0,00037
» 1190 = 1 » » 20,7 » » = 0,00030

Berlin, den 7. April 1883. Dr. O. Frölich.

Die beiden Dosen-Einheiten, von denen also, wie vorauszusehen war, № 819 ihren Werth beträchtlich, № 1190 dagegen nur unbedeutend geändert hat, sind im April, ohne niedrigen Temperaturen ausgesetzt worden zu sein, wohlverpackt und daher auch äusserlich ganz gut erhalten, nach Petersburg zurückgelangt und dann Mitte Mai ebenso nach Pawlowsk übergeführt worden.

Dieselben sind dort beide im Laufe der Untersuchung und auch später noch wiederholt von Herrn Chwolson, einmal auch von mir, mit der Einheit des Widerstandskastens № 2805 und hierdurch auch untereinander verglichen worden. Zur Bestimmung der Temperatur wurden dabei kleine, in $\frac{1}{5}$° C. getheilte Quecksilberthermometer mit cylindrischem Gefäss

in die Höhlung der Dose eingesetzt. Wenn man die zunächst in Rheostaten-Windungen U erhaltenen Werthe derselben vermittelst der obigen Temperatur-Coefficienten auf ihre betreffenden Normaltemperaturen 3°,3 und 20°,7 reducirt, so ergeben diese Vergleichungen folgende Resultate:

Datum der Vergleichung	Temp.	Dosen-Einheit № 819	Dosen-Einheit № 1190	Differenz.
20. Juni	19°,8	20,076 U.	20,071 U.	+ 0,005
22. »	15,6	20,096 »	20,094 »	+ 0,002
26. »	19,3	20,096 »	20,095 »	+ 0,001
18. Juli	19,8	20,0970 »	20,0956 »	+ 0,0014
14. August	20,3	20,0719 »	20,0719 »	± 0,0000
3. December	18,7	20,0986 »	20,0987 »	— 0,0001
9. »	23°,0	20,0361 »	20,0359 »	+ 0,0002
29. »	19,6	20,0778 »	20,0784 »	— 0,0006
30. »	19,6	20,0745 »	20,0730 »	+ 0,0015

Hieraus ist ersichtlich, dass innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, die ± 0,001 U betragen, nach den genauern Bestimmungen vom 26. Juni an die beiden Dosen-Einheiten auch nach ihrer Rückkehr in Pawlowsk und St. Petersburg bis zum Ende der Versuche bei ihren resp. Normaltemperaturen dieselben Werthe zeigten, also eine Veränderung beim Transport ausgeschlossen erscheint.

Die Differenzen der Werthe einer Siemens'schen Einheit in Rheostaten-Windungen an verschiedenen Tagen durfte uns nicht beunruhigen, da sie einmal 0,001 des ganzen Betrags nicht überschreiten, wenn wir von den auszuschliessenden Werthen vom 3. und 9. December (siehe unten S. 95) absehen, und diese Unsicherheit einfach auf den, beim Ausmessen des Stückes 0,1 direct durch Rheostaten-Windungen, begangenen Beobachtungsfehler von 0,0001 zurückzuführen ist, der eben bis zu 1 hinauf verzehnfacht wird. Wie wir später sehen werden, sind die Daten vom 14. August, 29. und 30. December als die absolut sichersten zu betrachten. Nehmen wir daher aus ihnen das Mittel, so kommt:

$$1 \text{ S. E.} = 20{,}0745 \pm 0{,}0023 \text{ U.}$$

oder:

$$1 \text{ U.} = 0{,}049814 \pm 0{,}000115 \text{ S. E.}$$

welche Grösse also für die allgemeine Verwandlung der Bruchtheile von U in Siemens'sche Einheiten genügende Sicherheit darbietet.

Die Verification der Unterabtheilungen des Widerstandskastens № 2805 fand in der üblichen Weise statt. Zuerst wurde im Zweige 4 der Brücke das erste Stück 0,1 S. E. eingeschaltet und der Rheostat bis zum neuen Ausgleich gedreht, wodurch man also den Werth von 0,1 in Rheostaten-Umdrehungen U erhielt. Hierauf wurde 0,2 eingeschaltet, der Rheostat eingestellt und abgelesen und nach Ausschaltung von 0,2 nunmehr 0,1 eingeschaltet und zudem der Rheostat wieder bis zur Annullirung des Stromes im Galvanometer gedreht. Da-

durch wird 0,2 zunächst durch 0,1 + einer Zahl Umdrehungen des Rheostaten ausgedrückt und vermittelst des erst bestimmten Werths von 0,1 in solchen indirect auch bloss in Rheostaten-Windungen erhalten. So ging Das weiter bis herauf zu dem Stück 1 S. E., das also einerseits in Rheostaten-Windungen und anderseits durch die erwähnten Vergleichungen mit den Dosen-Einheiten in wahren Siemens'schen Einheiten bestimmt wurde, was erlaubte, den Werth einer Umdrehung des Rheostaten in Siemens'schen Einheiten und damit auch alle niedrigern Stücke des Kastens in Bruchtheile solcher auszudrücken. In entsprechender Weise erfolgte endlich die Verification der höhern Stücke des Kastens bis zu 100 S. E.

Um die Resultate der zu verschiedenen Zeiten und also auch bei verschiedenen Temperaturen ausgeführten Verificationen miteinauder vergleichen zu können, war es nöthig, wenigstens angenähert, die Temperatur-Coefficienten der Kasten-Widerstände zu kennen. Mit Hülfe der beiden Dosen-Einheiten und ihrer Temperatur-Coefficienten wurden die der Stücke 1, 1* und 2 S. E. durch folgende Vergleichungen beider bei verschiedenen Temperaturen erhalten. In wahren Siemens'schen Einheiten ausgedrückt fand Herr Chwolson so:

	Datum	Temperatur	1	1*	2
I.	20. Juni	19°,96	0,997590	—	—
II.	22. »	15,86	0,996110	0,996160	1,992630
III.	13. Juli	14,46	0,995460	—	—
IV.	18. »	19,76	0,997597	0,997547	1,995890
V.	26. »	19,30	0,997380	0,997430	1,995350
VI.	14. Aug.	20,25	0,997737	0,997737	1,996270

Hieraus ergeben sich folgende Temperatur-Coefficienten für verschiedene Combinationen:

Combination von I	mit	IV	V	VI	Mittel:
Stück 1	II 0,00036	0,00038	0,00037	0,00039	0,000375
	III 0,00039	0,00040	0,00038	0,00039	0,000390
Stück 1*	II —	0,00036	0,00037	0,00036	0,000363
Stück 2	II —	0,00041	0,00039	0,00041	0,000403

Vom General-Mittel:

0,000383

weichen die extremen Mittelwerthe der Coefficienten für diese 3 Stücke nur um Grössen ab, welche für eine Temperaturschwankung von ± 2°,5, wie sie bei den obigen Beobachtungen stattfand eben der ob' erwähnten Unsicherheit einer Einstellung resp. 0,00005 S. E. entspricht. Da aber eine Sicherheit von ± 0,000020 des obigen Coefficienten auch als absolute Genauigkeit desselben durchaus genügend ist, indem die Temperaturen bei den eigentlichen Messungen nur zwischen den Grenzen 18°,50 bis 22°,0 variirten, also jene Unsicherheit das Resultat nicht mehr als bis 0,0001 seines Werths beeinflussen kann, so haben wir obigen Coefficienten als für alle Stücke des Kastens № 2805 ohne Unterschied geltend angenommen.

Die Uebereinstimmung der damit auf eine gemeinsame Temperatur reducirten Widerstände nach den Verificationen zu verschiedenen Zeiten und Temperaturen rechtfertigt, wie wir im Folgenden sehen werden, vollkommen diese Annahme.

Nur am 18. und 19. Juli und 14. August hat Herr Chwolson vollständige Verificationen aller Stücke des Kastens von 0,1 bis 100 S. E. ausgeführt, die ich daher hier allein in ihrem Resultat mittheile. Am 18. Juli erfolgten die Beobachtungen bei, von 19°,75 bis 19°,78 und am 19. Juli bei, von 19,66 bis 19°,65 variirender Temperatur in der Wheatstone-schen Brücke, am 14. August bei Temperaturen von 20°,26—20°,24. Mit dem obigen Coefficienten auf 20°,0 reducirt ergaben sie als Werthe der einzelnen Stücke in wahren Siemens-schen Einheiten:

Kasten № 2805 bei 20° C.

1883	18 u. 19. Juli 19,78—19,65	14. August 20,26—20,24	Mittel	Halbe Differenz.
0,1	0,10117	0,10107	0,10112	± 0,00005
0,2	0,19962	0,19966	0,19964	± 0,00002
0,2*	0,19981	0,19981	0,19981	± 0,00000
0,5	0,49915	0,49915	0,49915	± 0,00000
1	0,99770	0,99764	0,99767	± 0,00003
1*	0,99765	0,99764	0,99765	± 0,00001
2	1,99610	1,99607	1,99608	± 0,00001
5	4,98873	4,98841	4,99857	± 0,00016
10	9,9821	9,9814	9,98175	± 0,00035
10*	9,9829	9,9829	9,98290	± 0,00000
20	19,9653	19,9645	19,96490	± 0,00040
50	49,9051	49,9046	49,90485	± 0,00025
100	99,765	99,766	99,76550	± 0,00050

Die Differenz der beiden Bestimmungen geht also bloss beim Stück 0,1 bis zu 0,001 des ganzen Werths, bei 0,2 ist sie 0,0002 dieser Grösse, bei allen übrigen erreicht sie nicht 0,0001 des betreffenden Stücks.

Es könnte also scheinen, dass das Mittel aus beiden Serien für unsere Zwecke genügend genau sei, da das Stück 0,1, wie wir sehen werden, bei den eigentlichen Messungen nicht benutzt wurde. Leider war indessen bei diesen Beobachtungen die für die Anwendbarkeit der Gleichung (53′) geltende Bedingung genügender Gleichheit der Widerstände w_1 und w_2 der Brücke nicht unmittelbar als erfüllt zu betrachten und anderseits nicht die für die Benutzung von Gleichung (53″) erforderliche Commutation der Zweige ausgeführt worden. Obige nach (53′) berechnete Resultete sind also eventuell mit einem gewissen, vom unbekannten Verhältniss der Widerstände w_1 und w_2 abhängigen Fehler behaftet, der nicht einmal ein constanter ist, weil entsprechend den Anforderungen der Gleichung (55) die Widerstände w_1 und w_2 jeweilen den zu verificirenden angepasst wurden.

Da der Widerstand w_0 des Galvanometers nach S. 55: 2120 S. E. betrug und derjenige der Stammstrom-Leitung ungefähr 25 S. E. war, so ergeben sich nämlich nach (55) Beispielsweise für die Bestimmung der Widerstände von 1, 10 und 100 S. E. je folgende günstigste Werthe der Widerstände $w_1 = w_2 = w$ der Brückenzweige 1 und 2:

für	1 S. E.	$w =$	7,1	S. E.
»	10 »	$w =$	24	»
»	100 »	$w =$	119	»

Um die obschwebende Unsicherheit zu beseitigen, wurden daher am 3. und 9. December mit demselben, unverändert gebliebenen Apparate in Pawlowsk nochmals zwei vollständige Verificationen durch Herrn Chwolson ausgeführt, wobei leider, besonders bei der zweiten Serie, während der 2 Stunden dauernden Messungen die Temperatur-Constanz des Raumes wegen unvorsichtigen Heizens nicht eine so befriedigende wie früher war, auch von der Normaltemperatur von 20° bei unsern Messungen zu sehr abwich. Folgendes sind die hierbei erhaltenen, ebenfalls wieder auf 20° C. reducirten Werthe.

Kasten № 2805 bei 20° C.

	3. December $18^{\circ}76$—$18^{\circ}56$	9. December $23^{\circ}28$—$22^{\circ}70$	Mittel	Halbe Differenz.
0,1	0,10106	0,10108	0,10107	± 0,00001
0,2	0,19960	0,19966	0,19963	± 0,00003
0,2*	0,19994	0,19986	0,19990	± 0,00004
0,5	0,49922	0,49916	0,49919	± 0,00003
1	0,99785	0,99780	0,99782	± 0,00002
1*	0,99788	0,99777	0,99782	± 0,00005
2	1,99640	1,99649	1,99645	± 0,00004
5	4,99050	4,98896	4,98973	± 0,00077
10	9,9832	9,9814	9,9823	± 0,0009
10*	9,9835	9,9849	9,9842	± 0,0007
20	19,9653	19,9644	19,9648	± 0,0004
50	49,905	49,929 (?)	49,917	± 0,012
100	99,759	99,803 (?)	99,781	± 0,022

Da die Resultate für die höhern Widerstände aus dem angeführten Grunde unsicher, auch die Abweichung für die Werthe von 2 und 2* grösser sind als 0,0001 des Werthes, endlich wegen der Unsicherheit der Temperatur-Coefficienten die Reduction auf 20° bei der beträchtlichen Abweichung einige Zweifel gestattete, so wurden schliesslich nach Ueberführung des Widerstandsapparates von Pawlowsk nach St. Petersburg in's physikalische Central-Observatorium noch je eine Bestimmung am 29. December von Herrn Chwolson, am 30. December von mir ausgeführt, welche folgende Resultate ergaben:

Kasten № 2805 bei 20° C.

	Chwolson 29. December 19,60—19,96	Wild 30. December 19,68—20,00	Mittel	Halbe Differenz.
0,1	0,10105	0,10109	0,10107	± 0,00002
0,2	0,19964	0,19966	0,19965	± 0,00001
0,2*	0,19979	0,19978	0,19979	± 0,00001
0,5	0,49916	0,49917	0,49917	± 0,00001
1	0,99764	0,99768	0,99766	± 0,00002
1*	0,99759	0,99767	0,99763	± 0,00004
2	1,99591	1,99612	1,99601	± 0,00010
5	4,98815	4,98863	4,98839	± 0,00024
10	9,9812	9,9819	9,9815	± 0,0003
10*	9,9824	9,9833	9,9829	± 0,0004
20	19,9635	19,9652	19,9643	± 0,0009
50	49,9023	49,9061	49,9042	± 0,0019
100	99,7598	99,7661	99,7630	± 0,0031

Diese beiderlei, von zwei verschiedenen Beobachtern erhaltenen Werthe stimmen untereinander durchweg so gut überein, dass wir das Mittel derselben als definitive Grössen betrachten können. In der That ist nur für das Stück 0,1 die Abweichung des Mittels grösser als 0,0001 des ganzen Werths; der Mittelwerth: 0,10107 stimmt aber genau mit dem aus den Beobachtungen vom 3. und 9. December abgeleiteten, sowie mit dem am 14. August erhaltenen überein. Für alle übrigen Grössen ist die Unsicherheit höchstens 0,00005 des ganzen Werths. Ueberdies schliessen sich die obigen Werthe bis zur selben Grenze an diejenigen vom Juli und August an, welche, abgesehen von dem erwähnten Fehler, wegen der geringen Temperatur-Variation als die sichersten zu betrachten sind. Es beweist dies, und das folgt auch aus den Erfahrungen bei der Commutation der Zweige in den neuern Bestimmungen, dass der aus der Vernachlässigung der letztern entstandene Fehler bei unserm Apparat innerhalb die Grenze der Beobachtungsfehler fiel.

Dagegen weichen die am 3. und 9. December erhaltenen Werthe mehr ab, was wohl hauptsächlich den erwähnten Temperatur-Variationen zuzuschreiben ist, und auf diese ist auch offenbar der ungewöhnlich grosse Betrag der Stücke 1 und 1* an diesen Tagen zurückzuführen. Ich habe daher diese Werthe ganz von der Benutzung ausgeschlossen.

Die definitiven Werthe sind somit:

Kasten № 2805 bei 20° C.

0,1	0,10107 S. E.	5	4,9884 S. E.
0,2	0,19965 »	10	9,9815 »
0,2*	0,19979 »	10*	9,9829 »
0,5	0,49917 »	20	19,9643 »
1	0,99766 »	50	49,9042 »
1*	0,99763 »	100	99,763 »
2	1,99601 »	Temperatur-Coefficient: 0,000383	

Bei unsern weiteren Widerstands-Messungen wurden von den Stücken des Widerstands-Kastens № 2805 nur folgende: 0,2, 1, 2, 5, 10 und 100 benutzt und zwar in folgenden Combinationen, für welche ich die Werthe nach den Messungen vom 18.—19. Juli und 14. August einerseits und vom 29. und 30. December anderseits hier zusammenstelle:

Combination:	18.—19. Juli und 14. Aug.	29. und 30. December	
1,2	1,79731	1,19731	bei 20° C.
3	2,99375	2,99368	
113	112,741	112,738	
116	115,733	115,731	

Diese beiderlei Werthe weichen also im Maximum bloss um 0,00003 ihres ganzen Betrags voneinander ab, so dass es unnöthig erschien, einige mit den erstern allein früher angestellte Berechnungen dieser Differenzen halber umzurechnen.

So wurde z. B. aus Beobachtungen am 23. und 26. Juni sowie am 19. Juli, durch welche 113 in den Multiplikatorzweig einzuschaltende Siemens-Einheiten des Kastens № 2806 mit den betreffenden Grössen des Kastens № 2805 bei verschiedenen Temperaturen verglichen wurden, der absolute Werth und daraus der Temperaturcoefficient derselben gestützt auf die erstern Daten abgeleitet. Man fand so:

1. 23. Juni 113 (2806) bei 14°90 = 112,523 S. E.
2. 26. Juni » » » 19,60 = 112,731
3. 19. Juli » » » 19,66 = 112,736

Als Temperatur-Coefficient von 113 S. E. des Kastens № 2806 folgt hieraus der Werth:

0,000395.

Obschon die Widerstände der beiden Zweige w_m und w_s bei der Empfindlichkeitsbestimmung sowie derjenige des Multiplikators im Vergleich mit der Siemens'schen Einheit jeweilen bei jeder Messungsreihe neu bestimmt wurden, so werde ich doch hier schon die Resultate dieser Messungen mittheilen, da sich dieselben einfach als lineare Functionen der Temperatur darstellen lassen und somit ihre Zusammenfassung die Sicherheit der für jeden Fall aus der Gesammtheit zu berechnenden Werthe erhöhen wird. Ueberdies erwies sich dies auch als nothwendig, weil die bei den Beobachtungsreihen vom 3., 4. und 5. August unmittelbar gemessenen Widerstände sich nach der Berechnung und Vergleichung mit den früher bestimmten als fehlerhaft erwiesen. Die Stöpsel hatten sich nämlich mit etwas Oxyd bedeckt; als dasselbe durch Abreiben mit feinstem Smirgelpapier entfernt worden war, erhielten wir bei den folgenden Messungen wieder genau mit den frühern übereinstimmende Werthe. Für diese Tage müssen daher die fraglichen Widerstände nach den bei den Messungen beobachteten Temperaturen vermittelst der Formeln aus den übrigen berechnet werden.

Für den Widerstand des Multiplikators in Siemens'schen Einheiten: $\overline{W}_t$ ergaben zunächst die Messungen folgende Werthe, welche aus der unmittelbaren Beobachtung durch Reduction der für die betreffenden Stücke des Widerstandskastens № 2805 geltenden Daten bei 20° (siehe Seite 96) auf die in der Brücke zur Zeit beobachtete Temperatur, sowie der Umdrehungen U am Rheostaten in Siemens'sche Einheiten nach der Gleichung:

$$1\ U = 0{,}04981\ \text{S. E.}$$

erhalten worden sind.

	Multiplikator	
	Widerstand bei der Temperatur	
21. Juli	2,94123 S. E.	18°91 C.
22. »	2,95344	21,02
26. »	2,95842	21,91
10. August	2,94904	20,31
11. »	2,94457	19,48
13. »	2,94559	19,69

Diese Werthe graphisch dargestellt, fallen sehr nahe in eine gerade Linie, so dass wir $\overline{W}_t$ durch die lineare Gleichung

$$\overline{W}_t = a + b\,(t - 20)$$

darstellen können. Für die Constanten a und b finden wir durch Einsetzung obiger Werthe nach der Methode der kleinsten Quadrate als wahrscheinlichste Werthe:

$$\overline{W}_t = 2{,}94751 + 0{,}005745\,(t - 20)$$

oder:

$$\overline{W}_t = 2{,}94751\,[1 + 0{,}001949\,(t - 20)].$$

Berechnen wir hiernach rückwärts die Werthe von $\overline{W}_t$, die den obigen Temperaturen entsprechen, so ergibt sich als mittlere Abweichung zwischen Berechnung und Beobachtung:

$$\pm\ 0{,}000266$$

d. h. eine Grösse die etwas kleiner als $^1/_{10000}$ des ganzen Werthes ist.

Da der Multiplikatordraht aus Kupfer besteht, so könnte der vorstehende Temperatur-Coefficient 0,001949 als auffallend klein und daher zweifelhaft erscheinen. Um denselben noch auf andere Weise direct bestimmen zu können, habe ich in der Werkstätte des Observatoriums ein Stück des betreffenden Draht-Restes zu einem 0,5 mm dicken Draht ausziehen, und auf eine lackirte Glasröhre mit 0,5 mm breitem Zwischenraum zwischen den einzelnen Windungen aufwickeln und dann nochmals das Ganze firnisiren lassen. In einem Wasserbade (destill. Wasser) wurde darauf von Herrn Schönrock, Assistent am physikali-

schen Central-Observatorium, der Draht auf drei verschiedene Temperaturen gebracht und dabei jeweilen sein absoluter Widerstand mit einer Wheatstone'schen Brücke gemessen. Er fand so:

Widerstand bei der Temperatur		Differenzen		Coefficient
11,1525 S. E.	13°4			
		0,0737	4°7	0,0140
11,2262 S. E.	18,1			
		0,0961	5,7	0,0150
11,3223 S. E.	23,8			

Diese Coefficienten sind noch kleiner als der oben gefundene und zerstreuen daher jeden Zweifel an der Richtigkeit des letztern. Die Kleinheit der Coefficienten rührt von einer Verunreinigung des Kupfers durch Blei und Antimon her, wie eine chemische Analyse desselben ergeben hat.

In entsprechender Weise ergaben die Messungen für den Widerstand w_s des Shunt-Zweiges in Siemens'schen Einheiten die Werthe:

	Shunt-Zweig.	
	Widerstand bei der Temperatur:	
21. Juli	1,24519 S. E.	19°15
22. »	1,24634	21,18
26. »	1,24676	22,17
10. August	1,24579	20,29
11. »	1,24560	19,52
13. »	1,24562	19,84

Auch diese Werthe lassen sich durch eine lineare Gleichung der Temperatur t von der obigen Form darstellen, wobei die Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate für die Constanten folgende Werthe ergiebt:

$$w_s = 1{,}24570 + 0{,}000508\ (t - 20)$$

oder:

$$w_s = 1{,}24570\ [1 + 0{,}0004078\ (t - 20)],$$

wobei die mittlere Abweichung der nach dieser Formel rückwärts berechneten Werthe von w_s von den beobachteten nur: $\pm$ 0,00006 oder also $^1/_{20000}$ des ganzen Werths beträgt.

Es könnte hier ein Zweifel entstehen über die Gültigkeit dieses bei kurz dauerndem Stromesschluss erhaltenen Werthes von w_s für die, allerdings kurz vorhergehende Zeit der Empfindlichkeitsbestimmung, wo der Strom eines Daniell'schen Elementes den betreffenden Draht nahezu 25 Minuten lang mit kurzen Unterbrechungen durchströmte. Um zu erfahren, inwiefern solche Zweifel begründet seien oder nicht, habe ich am 6. Juli den Widerstand des Shuntzweiges in Intervallen von je einer Stunde 3 Male gemessen je vor und nach dem 20—25 Minuten langen Durchleiten eines Stroms von derselben Stärke wie bei den Bestimmungen der Empfindlichkeit. Ich fand so für w_s:

	vor Durchleitung des Stroms	nach Durchleitung des Stroms
1.	$w_s = 1{,}24611$ bei 20°5	1,24601 bei 20°4
2.	$= 1{,}24616$ » 20,7	1,24601 » 20,4
3.	$= 1{,}24621$ » 21,0	1,24611 » 20,6
Mittel:	1,24616 bei 20°73	1,24604 bei 20°47

oder nach Reduction auf 20° mit obigem Temperatur-Coefficient:

$w_s = 1{,}24579$ bei 20°00 1,24580 bei 20°00.

Die Gleichheit dieser beiden Werthe zeigt, dass obige Befürchtung unbegründet sei.

Endlich fand man für den Widerstand w_m des Multiplikator-Zweiges in Siemens'schen Einheiten bei den verschiedenen Beobachtungsserien die Werthe:

Multiplikator-Zweig.

	Widerstand bei der Temperatur:	
21. Juli	115,706 S. E.	19°22
22. »	115,808	21,13
26. »	115,855	22,19
10. August	115,763	20,31
11. »	115,723	19,53
13. »	115,739	19,85

Den Widerstand w_m des Multiplikatorzweiges besteht aus 3 verschiedenen Stücken, welche ihre besondern Temperaturcoefficienten und im Allgemeinen auch etwas verschiedene Temperaturen haben, nämlich aus dem Multiplikator selbst, dessen Coefficient wir bereits bestimmt haben, aus den kupfernen Verbindungsdrähten mit der Wheatstone'schen Brücke und aus 113 S. E., die dort im Widerstandskasten № 2806 in den Zweig eingeschaltet sind und von denen wir S. 96 auch bereits den Temperatur-Coefficient kennen gelernt haben. Es ist daher hier strenggenommen zu setzen:

$$w_m = 112{,}772\,[1 + 0{,}000395\,(t - 20)] +$$
$$+ 2{,}948\,[1 + 0{,}001949\,(t' - 20)] +$$
$$+ 0{,}027\,[1 + 0{,}004\,(t'' - 20)],$$

wo 0,027 den Widerstand der Zuleitungsdrähte darstellt, deren Temperatur-Coefficient gleich dem des Kupfers gesetzt ist. Dieser Ausdruck kann auch folgendermaassen geschrieben werden:

$$w_m = 115{,}747 + 0{,}04454\,(t - 20) + 0{,}00575\,(t' - 20) + 0{,}00011\,(t'' - 20).$$

Die grösste Differenz besteht zwischen der Temperatur t in der Wheatstone'schen Brücke und der Temperatur t' des Multiplikators, doch hat dieselbe bei unseren Versuchen

nie 0°,2 erheblich überschritten; wir werden somit höchstens einen 0,00001 des ganzen Werths betragenden Fehler begehen, wenn wir der Einfachheit halber $t'' = t' = t$ d. h. einfach als gemeinsame maassgebende Temperatur diejenige auf der Brücke annehmen. Dann hat man angenähert:

$$w_m = 115{,}747 + 0{,}0504\ (t - 20)$$

d. h. es muss sich unser w_m auch als einfache lineare Function der Temperatur t darstellen lassen. Berechnen wir wieder die Werthe der beiden Constanten vermittelst der Werthe für w_m und t oben, wo eben t auch die Temperatur auf der Brücke bedeutet, nach der Methode der kleinsten Quadrate, so ergiebt sich genauer:

$$w_m = 115{,}747 + 0{,}05077\ (t - 20)$$

oder:

$$w_m = 115{,}747\ [1 + 0{,}00043863\ (t - 20)],$$

welcher Ausdruck mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,0015 oder also $^1/_{100000}$ des ganzen Werths die Grössen darstellt, aus denen er abgeleitet ist.

In unsern Formeln figurirt aber bloss das Verhältniss der beiden Grössen w_m und w_s, so dass wir in weiterer Vereinfachung, da für beide die Temperatur auf der Wheatstone-schen Brücke maassgebend ist, setzen können:

$$\frac{w_m}{w_s} = 92{,}9170\ [1 + 0{,}00003083\ (t - 20)],$$

welche Formel die betreffenden Grössen mit einer Sicherheit von $^1/_{20000}$ ihres Werths darstellt.

Um sowohl hierfür als für die nachfolgenden Bestimmungselemente die erforderliche Genauigkeitsgrenze zur Erzielung eines bis auf $\pm$ 0,0001 genauen Resultates abzuleiten, setzen wir in die Fundamental-Gleichung für W die Werthe von $\frac{M}{H}$ und von C^2 ein, lassen die kleinen Correctionsfactoren fort, nehmen auch $\zeta = \zeta_1 = \zeta_2$, etc. $= 0$ an und erhalten so in erster Annäherung den Ausdruck:

$$W = A \cdot \frac{E^3 \operatorname{tang} v \left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right)^2 \sin^2 \varphi}{T_0 (\lambda - \lambda_0) \operatorname{tang} z_a (1 - 2{,}5471 \cdot \varphi^2)^2 \operatorname{tang}^2 \psi \cdot R^2},$$

wo A eine Zahlen-Constante darstellt. Zur Erfüllung der früher gestellten Bedingung:

$$\frac{dW}{W} = \pm\ 0{,}0001$$

folgt hieraus, wenn wir der Kürze halber $\left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right) = c$ setzen:

$$\frac{dE}{E} = \pm\ 0{,}000033 \text{ oder } dE = \pm\ 0{,}06 \text{ mm für } E = 1777 \text{ mm},$$

$$\frac{dR}{R} = \pm\ 0{,}00005 \text{ oder } dR = \pm\ 0{,}025 \text{ mm für } R = 506 \text{ mm},$$

$$\frac{dv}{\sin 2v} = \pm\ 0{,}00005 \text{ oder } dv = \pm\ 1''{,}3 \text{ für } v = 3°30',$$

$$\frac{dz_a}{\sin 2z_a} = \pm\ 0{,}00005 \text{ oder } dz = \pm\ 10''{,}5 \text{ für } z_a = 46°,$$

$$\frac{d\varphi}{\operatorname{tg}\varphi} = \frac{d\psi}{\sin\psi} = \pm\ 0{,}00005 \text{ oder } d\varphi = d\psi = \pm\ 0''{,}65 \text{ für } \varphi = \psi = 3°30',$$

$$\frac{dc}{c} = \pm\ 0{,}00005,\ \frac{dT_0}{T_0} = \frac{d\lambda}{\lambda - \lambda_0} = \frac{d\lambda_0}{\lambda - \lambda_0} = \pm\ 0{,}0001.$$

Hieraus ergibt sich zunächst, dass die angeführte Sicherheitsgrenze unserer Werthe für $c = 1 + \frac{w_m}{w_s}$ eine genügende ist.

Es bleiben jetzt nur noch die bei jeder vollständigen Messung jeweilen wiederkehrenden Beobachtungsoperationen zu erwähnen übrig, wobei ich sie in der Reihenfolge aufführe, die durchweg bei den Messungen eingehalten wurde.

12. Logarithmisches Decrement λ bei geschlossenem Multiplikator.

Die einzelnen Beobachtungserien für eine Bestimmung des Ohm begannen stets zwischen 8 und 9^h Vormittag mit der Bestimmung des logarithmischen Decrements λ, da diese nur bei grosser Ruhe des Erdmagnetismus genau genug ausführbar ist, somit für die Durchführbarkeit überhaupt einer vollständigen Beobachtungsreihe am betreffenden Tage entscheidend war.

Diese Messungen, vor deren Beginn jeweilen alle Klappen, Thüren und Fenster des Locals geschlossen wurden, hat in der sub I. 3 beschriebenen Weise stets Herr Chwolson angestellt. Nach jeder gelungenen Beobachtung, während deren Dauer also, wie schon S. 86 erwähnt worden, das Hülfsbifilar keine 0,1 Scalentheil überschreitende Aenderung seines Standes zeigte, gab Herr Chwolson dem Beobachter im unterirdischen Pavillon ein Signal zur Ablesung des dortigen Bifilars. Am Anfang und Ende der Beobachtungsreihe wurden ausserdem die Gleichgewichtslage und Temperatur des Bifilarmagnets selbst gleichzeitig mit denen des Hülfsbifilars im unterirdischen Pavillon notirt. Auf diese Weise wurden erhalten die Werthe von t, von n, n', ζ, z und λ in unsern Gleichungen.

Der Torsionswinkel z_a ist, wie später noch näher erwähnt werden wird, jeweilen mit einer Genauigkeit von ± 10″ ermittelt worden und da die Scalen-Ablesungen eine Sicherheit von ± 0,05 Scalentheil darboten, so ist ζ höchstens mit einem Fehler von ± 1″,3 behaftet. Die Werthe von ζ schwankten bei den 9 vollständigen Messungen vom 21. Juli bis 13. August zwischen den Grenzen:

$$\zeta = +\ 1'40''{,}0 \text{ bis } -\ 13'25''{,}5.$$

Das mittlere logarithmische Decrement λ bei jeder Messung bewegte sich zwischen folgenden Extrem-Werthen:

$$\lambda = 1{,}44648 \text{ bis } 1{,}46774,$$

und bei jeder einzelnen Messung ergab sich als wahrscheinlicher Fehler des End-Resultats λ im Durchschnitt:

$$d\lambda = \pm 0{,}000097 \text{ (Min. 0,00006, Max. 0,00018).}$$

Es ist also: $\frac{d\lambda}{\lambda - \lambda_0}$ jedenfalls kleiner als 0,0001, und auch das aus z_a und ζ sich zusammensetzende z genügend genau bestimmt worden.

13. Schwingungsdauer T_0 und logarithmisches Decrement λ_0.

Nach der vorigen Bestimmung wurde die Multiplikatorleitung von mir geöffnet, die Gleichgewichtslage und Temperatur des Bifilarmagnets mit Signal nach dem unterirdischen Pavillon notirt, die erstere an der Scale durch einen über die Theilung herunterhängenden Senkelfaden markirt, darauf der Magnet durch Stromesschluss in Schwingung versetzt, seine Anfangs-Amplitude — durchschnittlich 3° — an der Scale unter gleichzeitiger Abgabe eines weitern Signals für den Beobachter im unterirdischen Pavillon beobachtet, und schliesslich das Signal zur Auslösung des Chronographen im Hauptgebäude gegeben. Nach erfolgtem Rücksignal, dass Alles in Ordnung sei, markirte ich darauf mit dem Taster auf dem Chronograph 12 aufeinanderfolgende Durchgänge des Magnets durch seine Gleichgewichtslage, gab dann das Signal zur Arretirung des letztern und beobachtete die Schwingungs-Amplitude. Vor der Arretirung des Chronographs hatte der Gehülfe im Hauptgebäude, gewöhnlich Herr Chwolson, dort auf dem Papierstreifen desselben noch durch Niederdrücken eines Tasters in der Nähe der Uhr, welche die electrischen Secunden-Contacte giebt, die absolute Zeit markirt und dieselbe dann in Stunden, Minuten und Secunden zur betreffenden Marke hinzugeschrieben. Der Stand der electrischen Uhr, wie wir die letztere kurz nennen wollen, wurde darauf auch vermittelst des Chronographs mit der Wirén'schen Normal-Uhr des Observatoriums, deren Gang sehr regelmässig ist und durch Zeitbestimmungen häufig controllirt wird[1]) verglichen. — Nach ungefähr 45 Minuten, während welcher Zeit der Magnet ungestört weiter oscillirte und alle 5—10 Minuten Signale zur Ablesung des Variationsbifilars im unterirdischen Pavillon gegeben wurden, erfolgten in umgekehrter Reihenfolge dieselben Beobachtungen wie zu Anfang d. h. also Beobachtung der Schwingungsamplitude, Signal nach dem Unterirdischen, Signal nach dem Hauptgebäude zum Einschalten des Chro-

1) Siehe Einleitung zum I. Theil der Annalen des physikal. Central-Observatoriums für 1878, S. XII und für 1882, S. VI.

nographs, Markirung von 12 aufeinanderfolgenden Durchgängen des Magnets durch die Gleichgewichtslage auf dem Chronograph, wobei der erste Durchgang von derselben Seite her genommen wurde wie der erste zu Anfang, Signal zum Anhalten des Chronographs, Markirung der absoluten Zeit bei demselben, Beobachtung der Schwingungs-Amplitude, Signal nach dem Unterirdischen, Beruhigung des Magnets, Ablesung seiner Gleichgewichtslage mit Signal zum Unterirdischen, Notirung der Temperatur des Magnets.

Aus den anfänglichen und schliesslichen 12 durchbeobachteten Schwingungen ergibt sich im Mittel ein angenäherter Werth der Schwingungsdauer, der dazu benutzt wird, die Zahl der im Zeit-Intervall zwischen dem ersten Durchgang vor der Pause und nach der Pause stattgehabten Schwingungen (gerade Zahl) zu berechnen (ungefähr 200). Diese Zahl in die 12 Zeitintervalle zwischen den correspondirenden Durchgängen vor und nach der Pause dividirt, gibt dann 12 Werthe der Schwingungsdauer von hoher Genauigkeit, da der Beobachtungsfehler bei jedem einzelnen Durchgang wenig mehr als 0,1 Secunde beträgt. Das Schlussmittel ist daher nur dann mit einem $\pm$ 0^s,0001 übersteigenden resp. mehr als 0,00001 von T betragenden Fehler behaftet, wenn die Gleichgewichtslage des Magnets magnetischer Variationen halber sich erheblich während der Dauer der Beobachtungen verändert hat. Auch im letztern Fall überstieg aber bei unsern Beobachtungen der Fehler nie $\pm$ 0^s,0005 resp. also 0,00005 von T.

Es war also im äusserten Fall:

$$\frac{dT}{T} = \pm 0{,}00005$$

d. h. der Fehler nur halb so gross als der zu tolerirende.

Bei den erwähnten 9 Messungsreihen schwankte der Werth von T zwischen den Grenzen:

$$T = 13^s{,}4953 \text{ bis } 13^s{,}5272$$

und der wahrscheinliche Fehler der Mittelwerthe von T in jeder Messungsreihe betrug durchschnittlich nur:

$$dT = \pm 0{,}000075.$$

Im Intervall zwischen der Anfangs- und End-Registrirung der Durchgänge beobachtete Herr Chwolson in der sub I. 4 mitgetheilten Weise aufeinanderfolgende Schwingungsbogen des Magnets zur Ableitung des logarithmischen Decrements λ_0 bei geöffnetem Multiplikator.

Bei den 9 Messungsreihen variirte der Werth von λ_0 zwischen den Grenzen:

$$\lambda_0 = 0{,}002034 \text{ bis } 0{,}002187$$

und der wahrscheinliche Fehler der Mittelwerthe von λ_0 bei jeder einzelnen Messung betrug durchschnittlich:

$$d\lambda_0 = \pm 0{,}000009.$$

Es war somit durchschnittlich bei unsern Beobachtungen:

$$\frac{d\lambda_0}{\lambda - \lambda_0} = \pm 0{,}000006,$$

die Genauigkeit folglich ebenfalls mehr als genügend.

Diese Messungen ergaben die Werthe von:

$$T,\ \alpha,\ t_0,\ \lambda_0,\ n_0 \text{ und } n'_0$$

in unsern Gleichungen, sowie vom täglichen Gang s der electrischen Uhr, wenn die Vergleichung derselben mit der Normal-Uhr an einem vorhergehenden oder nachfolgenden Tage herbeigezogen wurde.

14. Empfindlichkeitsconstante C des Multiplikators.

Nach Beendigung der Messungen der Schwinguugsdauer wurde sofort der Multplikatordraht mit der Zuleitung zur Wheatstone'schen Brücke verbunden und auf der letztern die S. 56 und 57 beschriebene Anordnung zur Empfindlichkeitsbestimmung des Multiplikators getroffen.

Der Shunt-Zweig hatte einen Widerstand w_s von rund 1,245 S. E. und aus Vorversuchen hatte sich ergeben, dass dann in den Multiplikator-Zweig am Widerstandskasten 2806: 100 + 10 + 2 + 1 S. E. einzuschalten resp. w_m rund auf 115,7 S. E. zu bringen war, um beim Multiplikator und bei der Tangenten-Boussole annähernd gleich grosse Ausschläge zu erhalten. Diese wurden jeweilen durch Regulirung der Stromstärke am Widerstandskasten *W. K.* (siehe S. 59) auf nahezu 500 Scalentheile gebracht.

Reihenfolge der gleichzeitigen Beobachtungen durch Herrn Chwolson am Multiplikator und von mir an der Tangenten-Boussole.

Chwolson, am Multiplikator.	*Wild*, an der Tangenten-Boussole.
1) Ablesung am fixen Spiegel und Kreis.	1) Ablesung des Hygrometers.
» der Thermometer beim Multiplikator und auf der Wheat. Brücke.	» des äussern und innern Thermometers.
2) Gleichgewichtslage des Magnets, Signal zum Unterirdischen, Hülfsbifilar im Saal.	2) Gleichgewichtslage des Magnets, Uhrzeit am Chronometer, Unifilar des Galvanometers.
3) Wiederholung von 2.	3) Wiederholung von 2.
4) Stromesschluss und Beruhigung, Ablenkung nach grossen Zahlen, Signal zum Unterirdischen, Hülfsbifilar.	4) Stromesschluss und Beruhigung, Ablenkung nach gr. Zahlen, Uhrzeit, Unifilar.
5) und 6) Zweimalige Wiederholung von 4.	5) und 6) Zweimalige Wiederholung von 4.

7) Beruhigung des Magnets, Ablenkung nach gr. Zahlen, Signal, Hülfsbifilar.
8) und 9) Zweimalige Wiederholung von 7.
10) Umkehr des Stroms, Ablenkung nach kl. Zahlen, Signal, Hülfsbifilar.
11) und 12) Zweimalige Wiederholung v. 10.
13) Beruhigung des Magnets, Ablenkung nach kl. Zahlen, Signal, Hülfsbifilar.
14) und 15) Zweimalige Wiederholung v. 13.
16) Oeffnen des Stroms und Beruhigung, Gleichgewicht des Magnets, Signal, Hülfsbifilar.
17) Wiederholung von 16.
18) Temperatur-Beobachtung wie sub 1.

7) Umkehr des Stromes, Ablenkung nach kl. Zahlen, Uhrzeit, Unifilar.
8) und 9) Zweimalige Wiederholung von 7.
10) Beruhigung des Magnets, Ablenkung nach kl. Zahlen, Uhrzeit, Unifilar.
11) und 12) Zweimalige Wiederholung v. 10.
13) Umkehr des Stroms, Ablenkung nach gr. Zahlen, Uhrzeit, Unifilar.
14) und 15) Zweimalige Wiederholung v. 13.
16) Oeffnen des Stroms und Beruhigung, Gleichgewicht des Magnets, Uhrzeit, Unifilar.
17) Wiederholung von 16.
18) Temperatur-Beobachtung wie sub 1.

Diese Messungen geben die Daten zur Bestimmung der Grössen: ζ_1, ζ_I, ζ_2, ζ_{II}, φ_1, φ_I, φ_2, φ_{II}, z_1, z_I, z_2, z_{II}, ψ_1, ψ_I, ψ_2, ψ_{II} und t_m, τ_b und τ_m in unsern Gleichungen.

Die Sicherheit, mit welcher diese Grössen aus den Beobachtungen abzuleiten sind, hängt einmal vom Ablesungsfehler an den Scalen, der überall höchstens $\pm$ 0,05 Scalentheile betrug und sodann von dem Fehler ab, mit welchem die Reductionen dieser Ablesungen auf constanten Erdmagnetismus vermittelst der gleichzeitigen Beobachtungen an den Variations-Instrumenten auszuführen sind. Bei der Benutzung der Variations-Instrumente im gleichen Local ist dieser Fehler wegen ihrer nahe gleich grossen Empfindlichkeit auch bloss auf $\pm$ 0,05 Scalentheile anzuschlagen, während er bei Beziehung auf diejenigen im unterirdischen Pavillon jedenfalls doppelt so gross resp. $\pm$ 0,1 Scalentheil sein wird. Da nun jeder Winkel φ und ψ aus zwei Ablesungen (Gleichgewichtslage — abgelenkte Stellung des Magnets) zusammengesetzt ist und für die Reduction hier die Variations-Instrumente im gleichen Local benutzt werden konnten, so wird bei jeder einzelnen Beobachtung der Fehler sein:

$$\pm\ 0{,}05\ \sqrt{4} = \pm\ 0{,}1\ \text{Scalentheil} = \pm\ 2''{,}56.$$

Nun sind dem Vorstehenden zufolge für jede Magnetlage je 3 Beobachtungen und im Ganzen bei jedem Instrument je 4 solcher Beobachtungsgruppen angestellt worden, so dass also jeder schliessliche Werth von φ und ψ eigentlich das Mittel aus 12 einzelnen Daten repräsentirt. Die wahrscheinlichen Fehler der End-Resultate von φ und ψ werden daher sein:

$$\partial\varphi = \partial\psi = \pm\ 2''{,}56 \cdot \frac{0{,}6745}{\sqrt{12}} = 0''{,}50.$$

Nicht für die einzelnen Werthe φ_1, φ_I, φ_2 etc. ψ_1, ψ_I etc. wohl aber für das Gesammtmittel sind somit die Genauigkeitsbedingungen von S. 101 erfüllt.

Bei den erwähnten Beobachtungsreihen variirten die Mittelwerthe von φ und ψ zwischen folgenden Grenzen:

$$\varphi = 3^\circ\ 15'\ 33{,}3 \text{ bis } 3^\circ\ 31'\ 56{,}6,$$
$$\psi = 3^\circ\ 22'\ 8{,}1 \text{ bis } 3^\circ\ 39'\ 41{,}2,$$

endlich die einzelnen Werthe für ζ_1, ζ_I, ζ_2, ζ_{II} zwischen den Grenzen:

$$+ 1'\ 39'' \text{ bis } - 12'\ 48''.$$

Gleich nach dieser Messungsreihe d. h. während der folgenden Beobachtungen durch Herrn Chwolson bestimmte ich die Torsionsgrösse an der Tangenten-Boussole und bisweilen auch ausser ihr noch den Einfluss des Eisengehalts beim Multiplikator.

Anfänglich dachte ich daran, auch für die Constante C des Multiplikators ähnlich wie für seinen Widerstand und das Verhältniss der Zweigwiderstände aus allen einzelnen Messungsreihen einen wahrscheinlichsten Werth abzuleiten und diesen dann für die Berechnung aller Beobachtungen zu benutzen. Folgende Tabelle der unmittelbar erhaltenen Werthe von C^2 mit Beisetzung der Temperatur des Multiplikators, für welche sie gelten, zeigt indessen, dass dies nicht räthlich war:

	1883	Temperatur	Feuchtigkeit	C^2	Abweichung
21.	Juli	19°,76	71%	555,381	— 0,219
22.	»	20,98	68	555,861	+ 0,261
26.	»	21,84	76	555,444	— 0,156
3.	August	19,72	58	555,760	+ 0,160
4.	»	20,12	58	555,831	+ 0,231
5.	»	21,06	50	555,543	— 0,057
10.	»	20,30	60	555,293	— 0,307
11.	»	19,46	72	555,738	+ 0,138
13.	»	19,67	60	555,547	— 0,053
		Mittel		555,600	± 0,176

Die Unsicherheit des Mittelwerthes beträgt also ungefähr 0,0005 des ganzen Betrags d. h. ist grösser als der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Bestimmung, auch ist keine bestimmte Abhängigkeit von der Temperatur und ebenso wenig von der Feuchtigkeit zu erkennen, welche bei mangelhafter Isolation der Windungen auf der Tangenten-Boussole auf diese und damit auf den Werth von C einwirken würde. Da es nun gedenkbar ist, dass der Werth von C mit der Lage des Magnets zwischen den Windungen des Multiplikators etwas variirte, und diese zwar je bei der Einrichtung so justirt wurde, dass der Magnet in der Mitte war, dann aber bis zu den Empfindlichkeits-Messungen durch Verlängerung oder Verkürzung des Suspensionsfadens in Folge von Feuchtigkeitsänderungen im Local sich häufig etwas veränderte, ohne dass eine Correction zur Verhütung von Aenderungen des

Torsionswinkels z_a ausgeführt werden konnte, so schien es mir besser, bei jeder Messung den betreffenden Werth von C^2 zur Berechnung beizubehalten.

Ein Fehler im Werth von C hätte auch aus einer allfälligen Einwirkung der Zuleitungsdrähte bei der Tangenten-Boussole auf ihren Magnet entstehen können. Dass eine solche nicht vorhanden sei, erkannte man aus dem Verschwinden jeder Ablenkung, als man diese Drähte ohne erhebliche Veränderung ihrer Stellung nach Aufhebung der Verbindung mit den Rollen in sich schloss.

15. Verhältniss der Widerstände des Shunt- und Multiplikator-Zweiges, sowie des Multiplikators und der Siemens'schen Einheit.

Nach Entfernung des Magnets aus dem Multiplikator resp. seiner Ersetzung durch den Torsionsstab maass Herr Chwolson in der oben S. 57 u. folg. erörterten Weise die Widerstände der beiden Zweige, sowie der einzelnen den Multiplikatorzweig componirenden Stücke, wobei stetsfort zwischen hinein Notirungen der Temperatur im Multiplikator und auf der Brücke erfolgten. Wir haben diese Messungen oben bereits zur Berechnung von Formeln für diese Hülfsgrössen verwerthet und dabei die Erfüllung der Genauigkeisbedingungen von Seite 101 nachgewiesen.

16. Ablenkungsbeobachtungen zur Bestimmung von $\frac{M}{H}$.

Aus dem Haupt-Gebäude wurde der, dort für gewöhnlich deponirte kleinere Magnet des Unifilars des Multiplikators hergebracht, das Gehäuse des letztern entfernt, die obere Bifilar-Suspension in der S. 38 u. folg. beschriebenen Weise seitlich herausgefahren und statt ihrer die Unifilar-Suspension in's Centrum des Multiplikators eingeschoben, nachdem man statt des Torsionsstabes den Magnet in das Schiffchen gelegt und den Multiplikator um 90° gedreht hatte. Bei der Bifilar-Suspension wurde umgekehrt an Stelle des Magnets der Torsionsstab in den Trog gelegt und der erstere am südlichen Ende des Saales vertikal so aufgestellt, dass sein Mittelpunkt in die Horizontalebene durch den Unifilarmagnet zu liegen kam, also auf denselben keinerlei Einfluss haben konnte, wovon man sich übrigens noch durch Beobachtung der Stellung des letztern bei wiederholter Umkehr des grossen Magnets überzeugte.

Nachdem dann das Gehäuse wieder über den Multiplikator gesetzt war, las der eine von uns die Gleichgewichtslage des Unifilar-Magnets zugleich mit derjenigen des Galvanometer-Magnets ab, während der andere zur Bestimmung der Torsion den Torsionskreis um 360° nach der einen und andern Seite drehte und darauf zur Ermittlung des Eiseneinflusses den Multiplikator um 3°,5 aus seiner Normal-Stellung nach der einen und andern Seite drehte.

Darauf begannen erst die eigentlichen Ablenkungsbeobachtungen nach folgendem Schema,

wobei Herr Chwolson die Scale ablas, während ich den Hauptmagnet mit behandschuhten Händen auf die Träger seitlich vom Unifilar-Magnet legte, dort auf die Striche einstellte und die dabei stehenden Thermometer ablas.

1) Gleichgewichtslage des Unifilar-Magnets, Uhrzeit am Chronometer, Signal zum Unterirdischen zur Ablesung von Unifilar und Bifilar.
2) Auflegung des Hauptmagnets in E, Nordpol nach E gewendet, Thermometerablesung, Ablenkung des Unifilar-Magnets nach kleinen Zahlen, Uhrzeit, Signal zum Unterirdischen.
3) Wiederholung von 2.
4) Umkehr des Hauptmagnets in E, Nordpol nach W gewendet, Thermometerablesung, Ablenkung am Unifilar-Magnet nach grossen Zahlen, Uhrzeit, Signal zum Unterirdischen.
5) Wiederholung von 4.
6) Transport des Hauptmagnets auf W-Seite, Nordpol nach W gewendet, Thermometerablesung, Ablenkung des Unifilar-Magnets nach kleinen Zahlen, Uhrzeit, Signal.
7) Wiederholung von 6.
8) Umkehr des Hauptmagnets in W, Nordpol nach E gewendet, Thermometerablesung, Ablenkung des Unifilar-Magnets nach grossen Zahlen, Uhrzeit, Signal.
9) Wiederholung von 8.

Wiederholung derselben Beobachtungen in umgekehrter Reihenfolge.

Unmittelbar nach Beendigung dieser Beobachtungen wurde das Multiplikatorgehäuse entfernt und oben die Unifilar-Suspension wieder seitlich herausgeschoben, so dass der Hohlraum des Multiplikators frei wurde. In denselben führte man von der Seite das eine Ende der Messing-Sashen ein, so dass es auf den beiden am Ring befestigten Schienen aufruhte, während das äussere Ende auf den einen der seitlichen Magnet-Träger zu liegen kam und maass nun in der S. 45 genau beschriebenen Weise die Entfernung der benutzten Striche der beiden seitlichen Magnetträger aus.

Diese Beobachtungen lieferten die Werthe von E, v_1, v_2, v_3 und v_4 in unsern Formeln.

Bei unsern 9 Messungsreihen erhielt man für E folgende, in Millimetern bei 0° ausgedrückte Werthe:

21. Juli	1803,31 mm	—	—
22. »	1803,21 »	—	—
—	—	26. Juli	1777,70 mm
—	—	3. August	1777,68 »
—	—	4. »	1777,54 »
—	—	5. »	1777,62 »
10. August	1803,07 »	—	—
11. »	1803,10 »	—	—
13. »	1803,02 »	—	—

Hieraus erkennt man, dass selbst in dem Fall, wo wir die halbe Differenz der Zeit nach benachbarter Werthe für E, eine Constanz der Tisch-Standorte während dieses Zeitintervalls voraussetzend, als Fehler bei der Messung von E betrachten, doch noch die oben dafür ermittelte Grenze von $\pm$ 0,06 mm nicht erheblich überschritten wird.

Die Mittel-Werthe des Ablenkungswinkels v bei den einzelnen Messungsreihen schwanken zwischen den Grenzen:

$v = 3° 25' 4''{,}9$ bis $3° 25' 24''{,}5$ bei $E = 1803$
$v = 3\ 34\ 0{,}8$ bis $3\ 34\ 21{,}2$ bei $E = 1777$.

Da hierbei die Variationsinstrumente im unterirdischen Pavillon benutzt wurden, so ist der Fehler eines einzelnen Werthes von v:

$$\pm 0{,}16 \text{ Scalentheile} = \pm 4''{,}1$$

und da dem vorigen Schema zufolge bei jeder Messungsreihe das schliessliche Resultat für v das Mittel von 16 einzelnen Daten repräsentirt, so ist der wahrscheinliche Fehler des letzten:

$$\partial v = \pm 0''{,}69$$

oder wenig grösser als die Hälfte der S. 101 hierfür bestimmten Fehlergrenze.

17. Einrichtung des Bifilars.

Wenn nicht aus irgend einem Grunde eine mehrtägige Unterbrechung der Beobachtungen bevorstand, so habe ich zum Schluss der Beobachtungsserie jedesmal das Bifilar des Multiplikators für die folgende Reihe von Beobachtungen neu eingerichtet, wie es Seite 10 des Nähern angegeben ist, d. h. ich brachte die obere Bifilarsuspension wieder in's Centrum des Apparats, legte den Torsionsstab in's Schiffchen und drehte am Torsionskreis, bis ein Gehülfe den früher bestimmten, der senkrechten Stellung zum Meridian entsprechenden Stand des Spiegels an der Scale ablas; darauf ersetzte ich den Torsionsstab durch den Magnet und führte am Torsionskreis eine solche Drehung, zuletzt mittelst der Mikrometerschraube, aus, dass der Gehülfe wieder genau denselben Scalentheil im Fernrohr erhielt. War die Stellung erreicht, so wurden Signale nach dem unterirdischen Pavillon gegeben und die Temperatur im Multiplikator notirt. Die Differenz der Beobachtungen aber am Torsionskreis mit Torsionsstab und mit Magnet ergab im Mittel der Ablesungen an beiden Vernieren bis auf $\pm$ 10″ genau den Torsionswinkel z_a, während die erstern Beobachtungen t_a, n_a und n'_a lieferten. Die Werthe von z_a variirten zwischen den Grenzen:

$$z_a = 45° 55' 15'' \quad \text{bis } 46° 7' 35''.$$

Die Gesammtheit dieser unter 12—17 aufgeführten Beobachtungsoperationen nahm, je nachdem die Bestimmungen des logarithmischen Decrements mehr oder weniger rasch in genügender Zahl ausgeführt werden konnten, 6—7 Stunden, mit einer bloss halbstündigen Erholungspause, in Anspruch. Im Ganzen haben wir, wie schon Eingangs erwähnt wurde, 13 solcher vollständiger Beobachtungsreihen ausgeführt, von welchen indessen später die 4 ersten, nämlich vom 1., 7., 12. und 13. Juli desshalb als ungenügend verworfen wurden, weil die Bestimmung des Torsionswinkels noch einige erst zwischen dem 13. und 19. Juli beseitigte Mängel und Unsicherheiten darbot, und der Hauptmagnet vor dieser Epoche noch eine permanente Abnahme seines Moments zeigte, welche erst vom 22. Juli an unmerklich wurde, wie die folgenden Zahlenwerthe für dieses Moment zeigen. Dieselben sind aus den Werthen von $\frac{M}{H}$, welche die Ablenkungsbeobachtungen lieferten, durch Multiplikation mit den absoluten Werthen von H, welche aus den Angaben des Variationsbifilars im unterirdischen Pavillon berechnet wurden, abgeleitet und vermittelst des früher bestimmten Temperatur-Coefficienten μ des Hauptmagnets auf 20° C. reducirt.

Magnetisches Moment des Hauptmagnets bei 20° C.

21.	Juli	$2{,}88018 . 10^8$	Abweichung.
22.	»	2,87846	+ 0,00043
26.	»	2,87749	— 0,00054
3.	August	2,87760	— 0,00043
4.	»	2,87771	— 0,00032
5.	»	2,87834	+ 0,00031
10.	»	2,87844	+ 0,00041
11.	»	2,87754	— 0,00049
13.	»	2,87870	+ 0,00067
Mittel	22. Juli — 13. Aug.	2,87803	± 0,00045

wo, wie angedeutet, das Mittel mit Ausschluss des beträchtlich grössern Werths vom 21. Juli gezogen worden ist.

Im Anbetracht der Kleinheit verschiedener Grössen, wie sie sich aus den im Vorigen mitgetheilten Grenzwerthen derselben ergibt, können unsere Formeln für die Berechnung von W etc. bedeutend vereinfacht werden.

Zunächst ist $\frac{\lambda_0}{\pi} < 0{,}001$, so dass $\frac{\lambda_0^2}{\pi^2}$ kleiner wird als 0,000001 und daher eine zu vernachlässigende Grösse repräsentirt.

Wegen der Kleinheit von λ_0 und des wenig von 1 sich unterscheidenden Werthes der Grösse: $\sqrt{\frac{H_0 M_0 \operatorname{cotg} z_0}{HM \operatorname{cotg} z}}$ kann ferner die letztere im Nenner des Ausdruckes für W als gemeinschaftlicher Factor aus den Gliedern mit λ und λ_0 herausgenommen und dann als Factor bei λ_0 vernachlässigt werden.

So vereinfacht sich zunächst der Ausdruck für W zu folgendem:

$$W_t = \frac{M}{H} \cdot \frac{C^2}{2 . T_0 . \operatorname{cotg} z} \cdot \left[\lambda \frac{1 - x(t_0 - t)}{\sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}}} - \lambda_0 \right] \left[1 + (\delta + \delta' - \varkappa) \frac{t_0 - t}{2} - \frac{k}{2} (n_0 - n) \frac{1 - \cos 2z_a}{1 + \cos 2z_a} \right]$$

oder wenn wir für die Constanten gleich die Werthe einsetzen:

$$W_t = \frac{M}{H} \cdot \frac{C^2}{2\, T_0 \operatorname{cotg} z} \cdot \left[\lambda \frac{1 - 0{,}000012\,(t_0 - t)}{\sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}}} - \lambda_0 \right] \left[1 + 0{,}0000165\,(t_0 - t) - 0{,}00005975\,(n_0 - n) \frac{1 - \cos 2z_a}{1 + \cos 2z_a} \right]$$

Da ferner ζ, ζ_1, ζ_2 etc. im Maximum noch nicht 13′ erreichten und die Grösse z_a bloss zwischen 45°55′ und 46°7′ variirte, so kann wegen der Kleinheit des Coefficienten σ in den Ausdrücken für cotg z, cotg. z_1, cotg. z_I, etc. überall in dem betreffenden Glied für z_a und $z_a + \zeta$ ein mittlerer constanter Werth gesetzt und dann dieses Glied mit f zu einer einzigen Constanten vereinigt werden und ausserdem ist in den Ausdrücken für cotg z_1 cotg z_2, etc. das Glied $\sigma \frac{\varphi_1}{2}$, $\sigma \frac{\varphi_2}{2}$, etc. als sehr klein zu vernachlässigen. Demnach ist allgemein für die Berechnung in unserm Fall zu setzen:

$$\operatorname{cotg} z = 1{,}004362 \operatorname{cotg} (z_a + \zeta) + \sin \zeta,$$

wo die Werthe für cotg z_1 etc. sich nur durch Ersetzung von ζ durch ζ_1 etc. unterscheiden.

Berücksichtigen wir ferner, dass bei jeder unserer Messungsreihen die einzelnen Werthe für φ und ψ nicht mehr als 4′ voneinander abwichen, so kann der Ausdruck von C unter Einsetzung der oben ermittelten Werthe der verschiedenen constanten Grössen auf nachstehenden einfachen reducirt werden:

$$C_{t_m} = 0{,}266509 \frac{\left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right)_{\tau_b} . \operatorname{cotg} Z \sin \Phi}{(1 - 2{,}5471 . \Phi^2) . \operatorname{tang} \Psi} \left[1 + 0{,}000033\,(20{,}7 - \tau_m) \right]^{1)},$$

wo also t_m die Temperatur des Multiplikators, τ_m die Temperatur der Tangenten-Boussole und τ_b die Temperatur der Wheatstone'sche Brücke während der Empfindlichkeitsbestimmung darstellen und gesetzt wurde:

$$Z = \frac{z_1 + z_I + z_2 + z_{II}}{4}, \qquad \Phi = \frac{\varphi_1 + \varphi_I + \varphi_2 + \varphi_{II}}{4}, \qquad \Psi = \frac{\psi_1 + \psi_I + \psi_2 + \psi_{II}}{4}.$$

---

1) Nach dieser Formel finden wir eigentlich den Werth von C für die Temperatur t_m des Multiplikators während der Empfindlichkeitsbestimmung statt für die Temperatur t desselben bei der Ermittlung des logarithm. Decrements λ. Da aber S. 106 zufolge C jedenfalls sehr wenig mit der Temperatur variirt und die Differenz $t_m - t$ nur am 21. Juli 1°26, durchschnittlich aber bloss 0°05 erreichte, so kann C füglich auch für t gelten.

Die Erfahrung zeigte, dass man unbeschadet der Genauigkeit des Resultates noch einfacher cotg Z direct nach der Formel:

$$\text{cotg } Z = 1{,}004362 \text{ cotg } (z_a + \zeta_m) + \sin \zeta_m$$

berechnen könne, wenn

$$\zeta_m = \frac{\zeta_1 + \zeta_I + \zeta_2 + \zeta_{II}}{4}$$

gesezt wird.

Nach S. 100 ist: $\left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right)_{\tau_b} = 93{,}9170 + 0{,}0028646\ (\tau_b - 20)$.

Endlich kann aus gleichen Gründen der Werth von $\frac{M}{H}$ in unserm Fall nach folgender einfacherer Formel berechnet werden:

$$\frac{M}{H} = \frac{E^3}{2} \text{tang } v\,[1{,}002227 + 0{,}000054\ t'_e + 0{,}000631\ (t_e - t) + 0{,}0003054\ (N' - n')],$$

wo:

$$v = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4}$$

$$t_e = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$$

$$N' = \frac{n'_1 + n'_2 + n'_3 + n'_4}{4}$$

gesetzt worden ist.

Nach S. 97 ist ferner der Werth des Multiplikatorwiderstandes bei t° in Siemens'schen Einheiten gegeben durch:

$$\overline{W}_t = 2{,}94751 + 0{,}005745\ (t - 20)$$

und daraus ergibt sich schliesslich nach der Relation:

$$\text{S. E.} = \frac{W_t}{\overline{W}_t}$$

der Werth einer Siemens'schen Einheit in absolutem electromagnetischen Maasse.

Als Beispiel einer Berechnung theile ich zunächst diejenige der Beobachtungsreihe vom 4. August in extenso mit.

Gemäss der Einrichtung des Bifilars am 1. August 3^h Nm. (Göttinger-Zeit) entsprach die normale Stellung des Torsionsstabes resp. Troges senkrecht zum Meridian dem Scalentheil 522,9.

3. August 3^h p. Einführung des Bifilars und Drehungen am Torsionskreis, bis die Ablesungen waren:

Gött. Zeit		Magnetspiegel	Temperatur	Hülfsbifilar	Torsionskreis Vernier I	Torsionskreis Vernier II
$3^h\ 8^m$	Torsionsstab	522,4	—	—	161°0′ 0″	340°59′ 0″
18	Magnet	522,3	19,92	327,4	207 4 30	27 3 50
					46°4′30″	46° 4′50″
21	»	522,0	—	327,1		
22	»	522,1	—	327,2	Controll-Ablesungen.	
23	»	522,1	—	327,2		

Also ist:

$$z_a = 46°\ 4'\ 40'', \qquad n_a = 522{,}30, \qquad t_a = 19°92.$$

4. August. **Logarithmisches Decrement bei geschlossenem Multiplicator: λ**

Gött. Zeit	Magnetspiegel	Fixer Spiegel	Temp.	Bifilar im Unterird.		
$8^h\ 13^m\ 50^s$ a.	506,0	548,7	20°12	312,7	21°5	Anfang.
9 11 45	504,4	—	20,12	311,8	21,6	Ende.
Mittel:	505,20 $= n_x$		20°12	312,25	(21°55) $= n'_x$	

40 Ablesungen dazwischen am Bifilar im Unterirdischen entsprechend den 40 gelungenen Bestimmungen von λ.

Mittel aller 42 Ablesungen am letztern Instrument: $n' = 312{,}13$ bei 21°55; also:

$$n = n_x + (n' - n'_x)\ 2{,}556 = 504{,}89, \qquad t = 20°12$$

$$n' = 312{,}94, \qquad t' = 21°0$$

$$\zeta = (n - n_a)\ 25'{,}60 = -0°\ 7'\ 25''{,}7$$

$$z_a + \zeta = 45°\ 57'\ 14'', \qquad \text{Log cotg } z = 0{,}9864595 - 1.$$

Das Mittel von 20 Werthen für Log $\frac{S_a}{S_b}$ bei 1. Ausschlag nach grossen Zahlen und von 20 Werthen bei 1. Ausschlag nach kleinen Zahlen ist:

$$\left(\text{Log}\,\frac{S_a}{S_b}\right)_{1000} = 0{,}633068 \pm 0{,}000205,$$

$$\left(\text{Log}\,\frac{S_a}{S_b}\right)_0 = 0{,}633121 \pm 0{,}000177,$$

$$(S_a)_{1000} = (S_a)_0 = 618{,}2.$$

Daraus folgt dann:

$$(\lambda'_g)_{1000} = 0{,}631325 \qquad (\lambda'_g)_0 = 0{,}631378$$

oder:

$$(\lambda')_{1000} = 1{,}45797 \qquad (\lambda')_0 = 1{,}45809$$

und endlich

$$\lambda = 1{,}45802$$

mit der mittleren Abweichung: $\pm$ 0,00044 der einzelnen Werthe und dem wahrscheinlichen Fehler $\pm$ 0,000059 des End-Resultates.

Ferner:

$$\psi = 1'40''$$

d. h. um diese Grösse bloss weicht die Symmetrieebene des Multiplikators vom Magnet aus nach den kleinen Zahlen ab.

Schwingungsdauer T_0 und logarith. Decrement λ_0.

Gött. Zeit.	Magnetspiegel	Temperatur	Bifilar im Unterird.	
$9^h 20^m$ 0^s a.	504,8	20,12	311,9	21,6
21 0	504,9		312,0	
22 15	104—904		311,9	
25 45	117—890		311,6	
40 20			311,8	
44 20	Beobachtung für λ_0		311,8	
48 10			312,0	
10 9 30	249—763		312,4	
13 20	258—754		312,5	
15 0	506,7		312,6	
16 0	506,7	20,12	312,6	21,6

Also:

$$n_{0x} = 505{,}77 \qquad n'_{0x} = 312{,}27 \qquad t'_0 = 21{,}6$$

$$n_0 = 505{,}24 \qquad n'_0 = 312{,}06 \qquad t_0 = 20{,}12$$

Anfangs-Amplitude: 400 Scalentheile $= 2°50'11''$

End-Amplitude: 248 » $= 1\ 45\ 44$

Mittel: $\alpha = 2°18' = 2°3$

Zeit der 1. Reihe	Diff.	Zeit der 2. Reihe von Durchgängen.	Diff.	Zeit von 210 T.
$10^h44^m22\overset{s}{,}2$		$11^h31^m51\overset{s}{,}8$		$47^m19\overset{s}{,}6$
35,8	13,6	32 5,4	13,6	19,5
59,3	13,5	18,8	13,4	19,7
45 12,8	13,5	32,4	13,6	19,6
26,3	13,5	45,9	13,5	19,6
39,9	13,6	59,5	13,6	19,6
53,4	13,5	33 13,0	13,5	19,6
46 6,9	13,5	26,5	13,5	19,6
20,4	13,5	40,0	13,5	19,6
33,9	13,5	53,6	13,6	19,5
47,5	13,6	34 7,0	13,4	19,6
47 1,0	13,5	20,6	13,6	19,6

also:

$$T = 13{,}5219 \pm 0{,}0001 \text{ Sec. der electr. Uhr}$$

An diesem Tage war bei der electrischen Uhr:

$$s = +0\overset{s}{,}8.$$

Also:

$$T_0 = 13{,}5219\ (1 + 0{,}0000185 - 0{,}0002014) = 13\overset{s}{,}5194.$$

Die im Intervall erfolgte Bestimmung von 10 je 20fachen Werthen von λ_0 ergab im Mittel:

$$\lambda_0 = 0{,}002187$$

mit einer mittleren Abweichung von $\pm 0{,}0000396$ und einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0{,}0000109$ des Resultats.

Bestimmung von C.

Ich gebe hier der Kürze halber nur die Mittelwerthe der 3 aufeinanderfolgenden Ablesungen bei jeder Magnetstellung. Die Ablesungen am Hülfsbifilar und am Unifilar des Galvanometers sind bereits um den Einfluss des Multiplikatormagnets auf sie corrigirt.

Temp.-Mult: 20,12 Brücke: 20,23 Temp. 20,00 Feucht. 58%

Gött. Zeit.	Multiplikator. n	Hülfsbifilar. n'	n_m	Tang.-Bouss. Unifilar (Galvanom.) n	n'	n_m
10^h28^m a.	508,30	312,50		520,30	486,95	
33	1007,37	312,95	508,73	1038,83	487,76	521,26
37	1008,33	313,03	508,81	3,53	488,06	521,56
40	10,03	313,54	509,32	4,10	488,44	521,94
44	11,13	313,56	510,34	1041,20	489,54	523,04
47	508,80	313,05		523,30	489,65	

Temp.-Mult.: 20,12 Brücke: 20,25 Temp. 20,02 Feucht. 58%.

Hier sind in den Columnen zwischen den Vertikal-Strichen bereits die Gleichgewichtslagen der beiderlei Magnete vermittelst der Angaben der betreffenden Variationsapparate nach den Formeln

$$n_m = n' + n_x - n'_x \text{ und } u_m = u' + u_x - u'_x$$

ausgerechnet, welche für $\frac{k'}{k} = 1$ und $\frac{\vartheta'}{\vartheta} = 1$ gelten.

Es ist somit, da $n_a = 522{,}30$:

$$\begin{array}{l|l|l} & n_m - n_a & \\ \zeta_1 = -13{,}57 & 25''60 = -5'47''5 & \\ \zeta_I = -13{,}49 & = -5\ 45{,}5 & \zeta_m = -5'32''9 \\ \zeta_2 = -12{,}98 & = -5\ 32{,}4 & \\ \zeta_{II} = -11{,}96 & = -5\ 6{,}3 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} & n_1 - n_a & \\ \varphi_1 + \zeta_1 = (485{,}07 \text{ Scal.-Theile}) & 3°26'\ 0''8, & \varphi_1 = 3°31'48''3 \\ \varphi_I + \zeta_I = (486{,}03 \quad » \quad) & 3\ 26\ 25{,}0, & \varphi_I = 3\ 32\ 10{,}5 \\ \varphi_2 + \zeta_2 = (512{,}27 \quad » \quad) & 3\ 37\ 26{,}9, & \varphi_2 = 3\ 31\ 54{,}5 \\ \varphi_{II} + \zeta_{II} = (511{,}17 \quad » \quad) & 3\ 36\ 59{,}2, & \varphi_{II} = 3\ 31\ 52{,}9 \end{array}$$

und folglich:

$$z_a + \zeta_m = 45°59'7'', \quad \Phi = 3°31'56''6.$$

Ferner:

$$\begin{array}{lll} & u_1 - u_m & \\ \psi_1 = (517{,}57 \text{ Scal.-Theile}) & 3°39'32''9 & \\ \psi_I = (518{,}03 \quad » \quad) & 3\ 39\ 44{,}5 & \\ \psi_2 = (517{,}84 \quad » \quad) & 3\ 39\ 39{,}7 & \\ \psi_{II} = (518{,}16 \quad » \quad) & 3\ 39\ 47{,}8 & \end{array}$$

und somit:

$$\Psi = 3°39'41''2$$

$$\text{Log cotg } Z = 0{,}9862276 - 1$$

$$\text{Log}\left(1 - \frac{b}{2}\Phi^2\right) = 0{,}9957749 - 1$$

$$t_m = 20{,}12, \quad \tau_b = 20{,}24, \quad \tau_m = 20{,}01.$$

Nach der Formel S. 112 wird endlich:

$$\left(1 + \frac{w_m}{w_s}\right)_{\tau b} = 93{,}9177$$

und schliesslich:

$$\text{Log } C_{20{,}12} = 1{,}3724714.$$

Bestimmung von $\frac{M}{H}$:

Gött. Zeit.	Magnetlage Magnet in	N-Pol nach	Temperatur beim Magnet	Scale	Variat.-Apparat im Unterird. Pavillon Unifilar	Bifilar	Temp.
				n''	n'	n'	
$12^h 43^m$	—	—	—	523,35	326,65	—	—
45	E	E	20°,12	20,20	326,75	316,10	21°,7
47	E	W	20,10	1027,50	326,75	316,10	»
50	W	W	19,97	1028,90	326,80	316,40	»
53	W	E	19,95	17,55	326,80	316,50	»
55	W	E	19,95	17,45	326,80	316,45	»
58	W	W	19,97	1029,00	326,80	316,60	»
1 1	E	W	20,10	1027,40	326,80	316,80	»
3	E	E	20,12	20,75	326,90	317,05	21,7
5	—	—	—	523,60	326,75	—	

Hieraus ergeben sich für die, den Winkeln v_1, v_2 etc. entsprechenden Scalentheile V_1 etc. nach der Formel:

$$V_1 = n''_1 - [n''_x + (n'_1 - n'_x)\tfrac{\beta'}{\beta''}]$$

folgende Werthe:

1. Reihe.		2. Reihe.	
503,39	504,66	506,25	504,61
503,91		505,30	
505,20		503,70	
506,15		503,19	

also:

$v = 3° 34' 15'',1$ $\quad$ $v = 3° 34' 13'',8$

ferner:

$t_e = 20°,03,$ $\quad$ $t_e = 20,03,$

$N' = 317,31$ bei $21°,0$ $\quad$ $N' = 317,74$ bei $21°,0.$

Die Abmessung der Entfernung $2\,E$ gab unmittelbar:

$$2\,E = 2\,(0-83)'' - (0-26)'' - 0'',52 - 0'',010 + 0'',027$$
$$= 3554,696 \text{ mm} - 0,889 \text{ mm}$$

also:

$$E = 1776,90 \text{ mm gemessen bei } t'_e = 20°,06.$$

Somit, da: $n' = 312,94$ bei $21°,0$, kommt für $\frac{M}{H}$:

1. Reihe.	2. Reihe.
175857000	175862000

und im Mittel:

$$\frac{M}{H} = 175859500 \pm 2500.$$

Die Einsetzung aller Werthe gibt:

$$\text{Log } W_{20,12} = 10{,}4452918$$

und da:

$$\overline{W}_{20,12} = 2{,}94820,$$

so kommt schliesslich:

$$\text{S. E.} = 10^{10}.0{,}94565.$$

Im Nachstehenden gebe ich nun bloss der Kürze halber von den einzelnen Beobachtungsreihen die Werthe der in den Schluss-Gleichungen Seite 111—112 auftretenden, aus den unmittelbaren Beobachtungsdaten in der obigen Weise abgeleiteten Grössen: T_0, λ, λ_0, t, t_0, z_a etc.

	21. Juli.	22. Juli.	26. Juli.	3. August.	4. August.
z_a =	46° 7′ 35″	46° 4′ 45″	45° 55′ 15″	46° 4′ 30″	46° 4′ 40″
Φ =	3 15 33,3	3 23 57,2	3 26 24,7	3 27 41,8	3 31 56,6
Ψ =	3 22 18,1	3 31 39,5	3 34 39,5	3 35 20,2	3 39 41,2
v =	3 25 19,6	3 25 4,9	3 34 0,8	3 34 21,2	3 34 14,5
ζ =	−0 8 56,8	−0 13 25,5	+0 1 40,0	−0 8 34,8	−0 7 25,7
ζ_m =	−0 4 19,3	−0 12 4,9	+0 1 59,4	−0 6 56,0	−0 5 32,9
n =	507,84	494,05	528,01	502,90	504,89
n_0 =	505,82	492,19	526,06	503,19	505,24
n' =	511,86	311,82	313,99	311,43	312,94
N' =	320,28	318,96	316,16	315,58	317,52
λ =	1,46774	1,45235	1,44648	1,46045	1,45802
λ_0 =	0,002176	0,002185	0,002119	0,002034	0,002187
T_0 =	13,5272	13,5145	13,4953	13,5161	13,5194
E =	1802,69	1802,53	1777,00	1777,05	1776,90
t =	18,50	21,00	21,72	19,72	20,12
t_0 =	18,64	20,98	21,76	19,72	20,12
τ_m =	18,84	20,85	21,77	19,75	20,01
τ_b =	19,06	21,16	22,14	19,90	20,24
t'_e =	19,20	21,03	21,85	19,85	20,06
t_e =	19,13	21,00	21,84	19,70	20,03

	5. August.	10. August.	11. August.	13. August.
z_a =	46° 5′ 0″	46° 6′ 30″	46° 5′ 5″	46° 5′ 25″
Φ =	3 24 5,″4	3 26 46,″8	3 27 9,″9	3 28 12,″0
ψ =	3 31 47,1	3 34 18,0	3 34 36,1	3 35 46,7
v =	3 34 14,5	3 25 21,8	3 25 21,7	3 25 24,5
ζ =	—0 12′12,″5	—0 8′ 18,″9	—0 8′ 44,″5	—0 7′ 0,″0
ζ_m =	—0 11 19,7	—0 8 21,7	—0 5 8,1	—0 6 41,2
n =	497,39	506,02	510,52	509,08
n_0 =	500,50	502,91	512,93	506,04
n' =	311,09	313,28	311,62	313,43
N' =	315,82	317,08	318,04	318,04
λ =	1,45254	1,45573	1,46144	1,45974
λ_0 =	0,002067	0,002150	0,002141	0,002124
T_0 =	13,5226	13,5189	13,5114	13,5118
E =	1776,95	1802,41	1802,48	1802,39
t =	21°,10	20°,35	19°,49	19°,64
t_0 =	21,05	20,31	19,46	19,61
τ_m =	20,99	20,07	19,12	19,52
τ_b =	21,16	20,28	19,44	19,76
t'_e =	20,98	20,17	19,37	19,57
t_e =	20,97	20,14	19,31	19,54

Hieraus berechnen sich für S. E. folgende Werthe:

1883.	S. E.	Abweichung.
21. Juli	10^{10}.0,94528	— 0,00040
22. »	0,94580	+ 0,00012
26. »	0,94566	— 0,00002
3. August	0,94533	— 0,00035
4. »	0,94565	— 0,00003
5. »	0,94521	— 0,00047
10. »	0,94612	+ 0,00044
11. »	0,94604	+ 0,00036
13. »	0,94601	+ 0,00033
Mittel:	10^{10}.0,94568	± 0,00028

Der wahrscheinliche Fehler dieses End-Resultates beträgt also, abgesehen von eventuellen constanten Fehlern, welche die Theorie noch involviren mag, bloss:

$$\pm\ 0{,}000081.$$

An diesem End-Resultat ist noch nach S. 4 die Correction wegen Selbst-Induction im Multiplikator anzubringen, welche ich nicht direct bestimmt habe, die sich aber genau genug theoretisch ableiten lässt.

Zu dem Ende ist nämlich der Werth von S. E. noch zu multipliciren mit folgendem Factor F, wenn wir wieder $\frac{\lambda_0^2}{\pi^2}$ als sehr klein vernachlässigen:

$$F = 1 + \frac{\Pi}{W.T_0} \frac{\lambda}{\sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}}},$$

wo es genügt für W, T_0 und λ mittlere Werthe aus den 9 Beobachtungsreihen einzuführen und für Π den theorethisch berechneten Werth zu setzen, der auch bei Dorn mit dem direct beobachteten bis auf 0,1 seines Werthes stimmte.

Nach Stoletow[1]) ist für Kohlrausch's Instrument mit 250 Windungen in 10 Lagen:

$$\Pi = 0{,}822.10^8.$$

Bei unserm Instrument von ähnlichen Dimensionen mit 260 Windungen in 8 Lagen wird man daher haben:

$$\Pi = 0{,}822.10^8 \frac{260^2}{250^2} = 0{,}8891.10^8.$$

Setzen wir diesen Werth oben ein und nehmen für die übrigen Grössen die mittleren Werthe:

$$\begin{aligned} W &= 10^{10}.2{,}7886, \\ T_0 &= \quad 13{,}5152, \\ \lambda &= \quad 1{,}45705, \end{aligned}$$

so kommt

$$F = 1{,}0003118.$$

Es wird also der in Betreff der Selbstinduction corrigirte Werth von S. E.:

$$\text{S. E.} = 10^{10}.0{,}94620$$

oder nach der Definition des Ohm $= 10^{10}$ (mm., s.)

$$\text{S. E.} = 0{,}94620 \text{ Ohm}$$

und hieraus berechnet sich für die Länge l einer Quecksilber-Säule von 1 □mm Querschnitt, welche bei 0° den Widerstand eines Ohm repräsentirt:

$$l = 105{,}686 \text{ Centimeter}.$$

Zum Schluss gebe ich noch eine Zusammenstellung der bis dahin bekannt gewordenen Bestimmungen absoluter Widerstände mit Beziehung derselben entweder auf die Siemens'sche Einheit: S. E. oder auf die Einheit der «British Association»: B. A. E. Die in der einen oder andern Rubrik mit einem * bezeichneten Werthe sind vermittelst des von

1) Philos. Mag. (4) V. 50 p. 404, 1875.

Rayleigh und Sidgwick neulichst bestimmten Verhältnisses der beiden erwähnten Einheiten[1]), wonach ist:

$$1 \text{ S. E.} = 0{,}95365 \text{ B. A. E.},$$

aus den entsprechenden Werthen der andern Rubrik, wo sie als direct mit der betreffenden Einheit verglichen ohne * aufgeführt sind, berechnet worden.

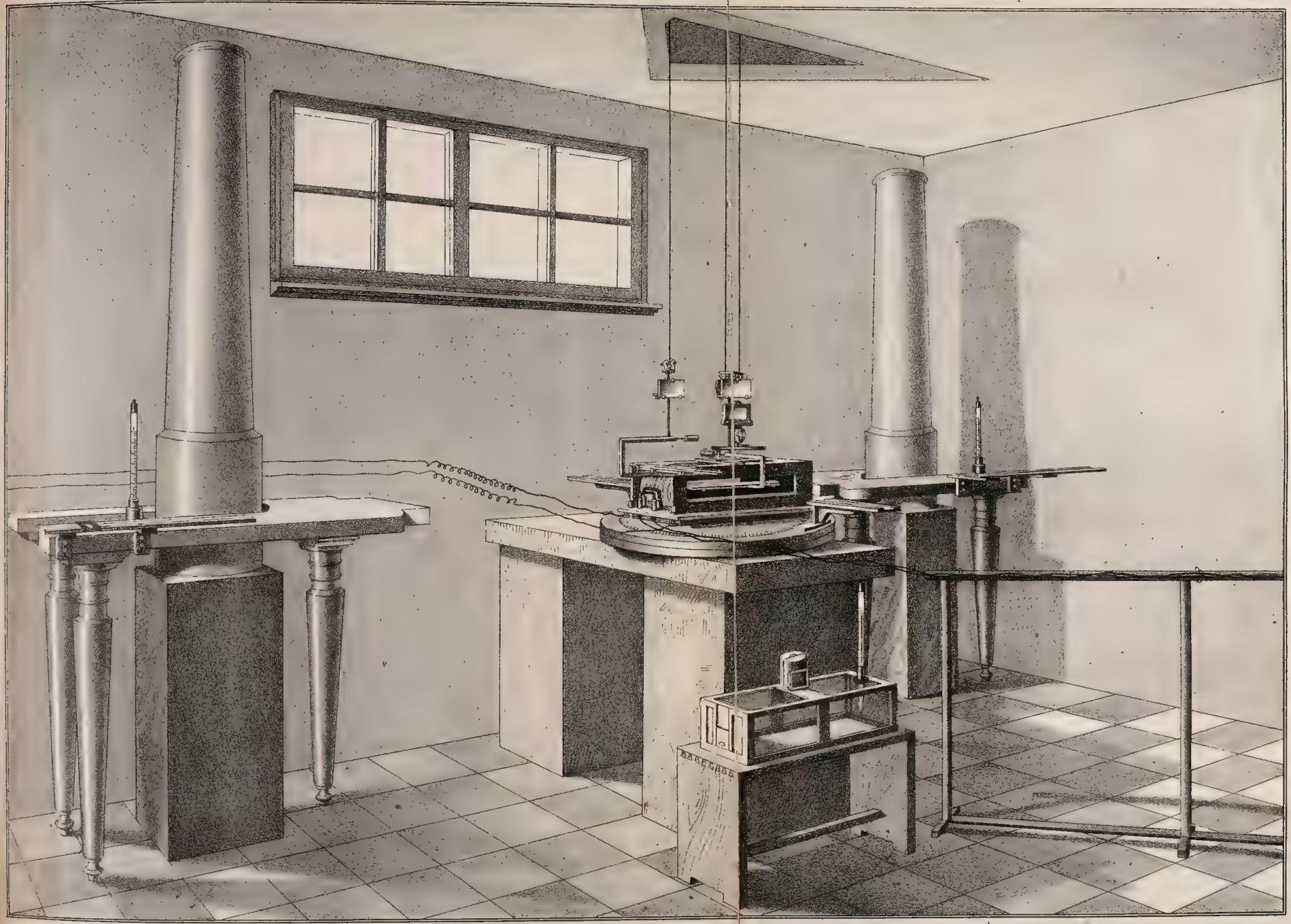
Jahr.	Ort.	Beobachter.	Werth v. 1 S. E. in Ohm.	Werth v. 1 B. A. E. in Ohm.	Methode der Bestimmung.
1873	Copenhagen	Lorenz	0,9337	0,9791*	Lorenz.
1882	Cambridge (England)	Glazebrock und Sargant	0,9406*	0,9863	Kirchhoff.
1882		Rayleigh	0,9408*	0,9865	Weber IV.
1883		Rayleigh und Sidgwick	0,9410*	0,9868	Lorenz.
1882	Braunschweig	H. Weber	0,9419*	0,9877	Weber IV. (modificirt.)
1881	Cambridge	Rayleigh und Schuster	0,9434*	0,9893	Weber IV.
1874	Göttingen	Kohlrausch	0,9442	0,9901*	Weber II.
1878	Baltimore	Rowland	0,9452*	0,9911	Kirchhoff.
1883	Petersburg	Wild	0,9462	0,9922*	Weber III.
1882	Breslau	Dorn	0,9482	0,9943*	Weber III.
1865	London	Brit. Association	0,9536*	1,0000	Weber IV.
1877	Zürich	H. F. Weber	0,9545	1,0009*	Weber III.
			0,9554	1,0018*	Kirchhoff.

Die Bestimmung des absoluten Widerstandes eines Drahtes durch W. Weber und F. Zöllner nach der ersten Weber'schen Methode (1880) konnte hier nicht berücksichtigt werden, da die Vergleichung desselben mit S. E. oder B. A. E. noch aussteht. Die älteren Bestimmungen habe ich wegen ihrer Unsicherheit nicht aufgenommen.

1) Philos. Transact. for 1883, Part. I, p. 173, London.

Die verschiedenen Bestimmungsmethoden zerfallen in zwei Hauptclassen nämlich solche mit nahe constanten Inductionsströmen (Methoden von Lorenz und Weber IV) und solche mit variabeln Inductionsströmen (Weber II und III, Kirchhoff). Wenn wir nun die obigen Resultate betrachten, so fällt auf, dass alle Werthe für 1 S. E., die kleiner sind, als 0,9440 Ohm nach Methoden der ersten Hauptclasse und alle grössern nach Methoden der zweiten Classe erhalten sind. Eine Ausnahme hiervon bietet nur der von Glazebrock und Sargant gefundene Werth in der ersten Gruppe, sowie der bekanntlich unsichere Werth der Brit. Association in der zweiten Gruppe dar.

H. WI



КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ЗАВЕДЕНІЕ А. ИЛЬИНА ВЪ С.ПЕТЕРБУРГѢ

Fig 3

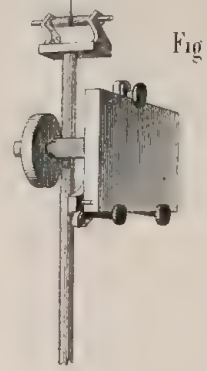


Fig 1.

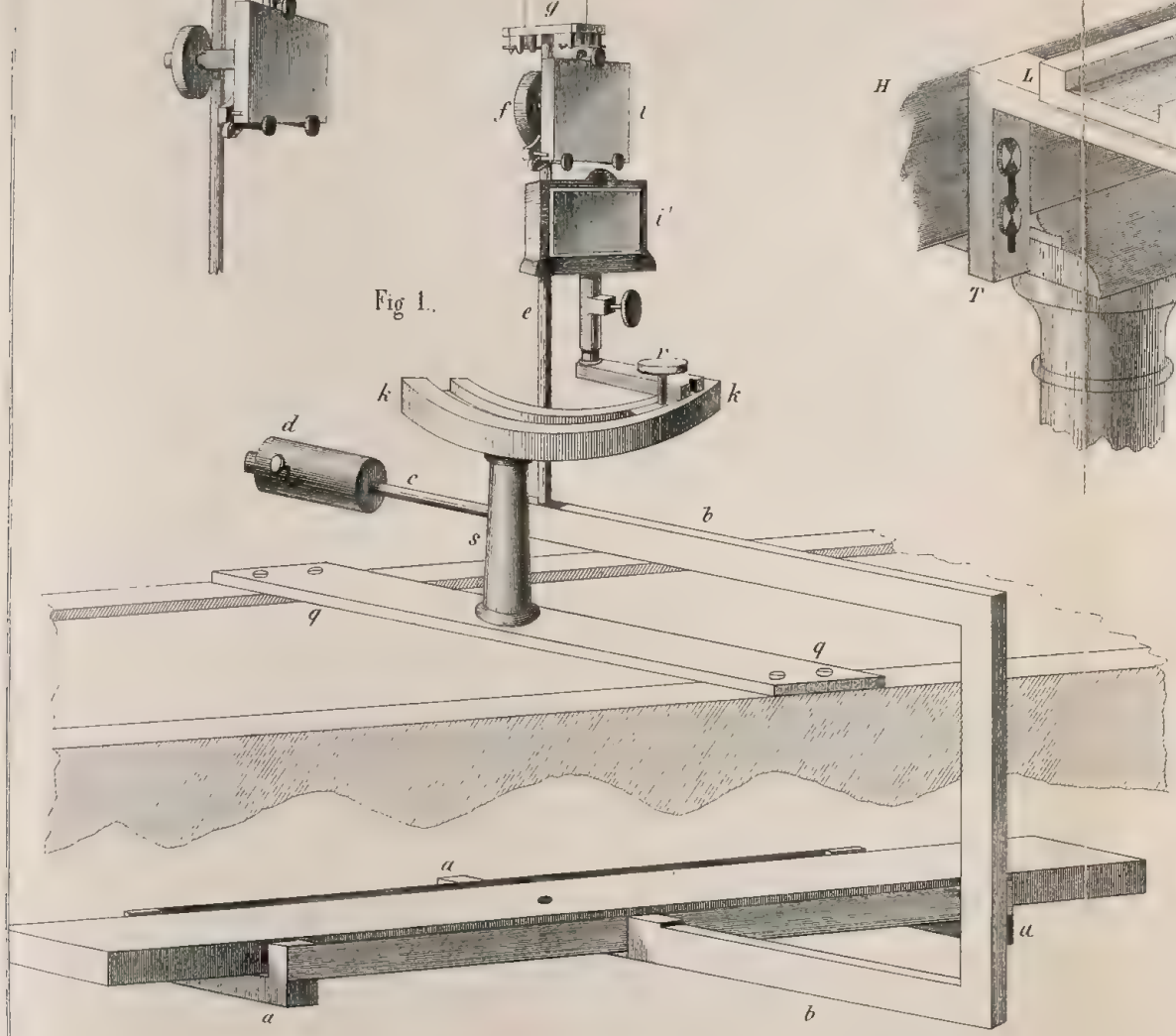


Fig 4

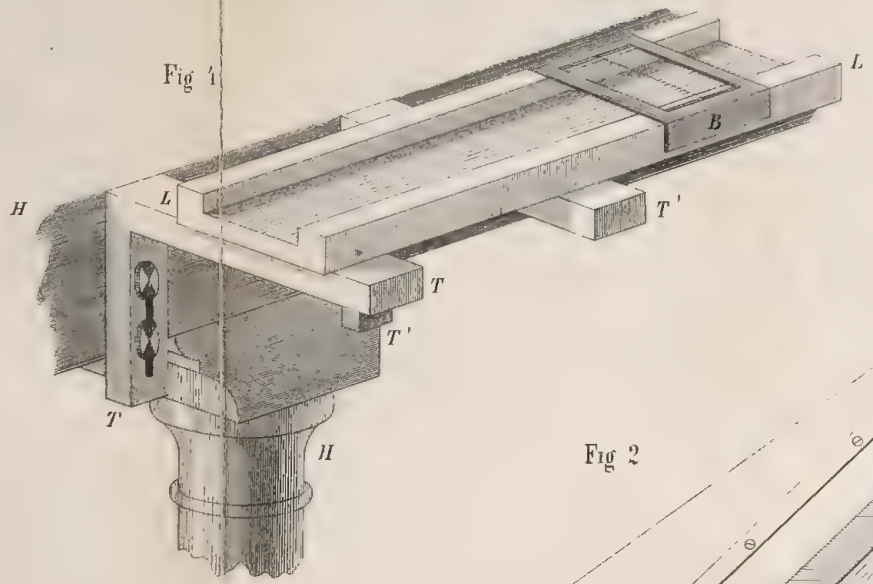
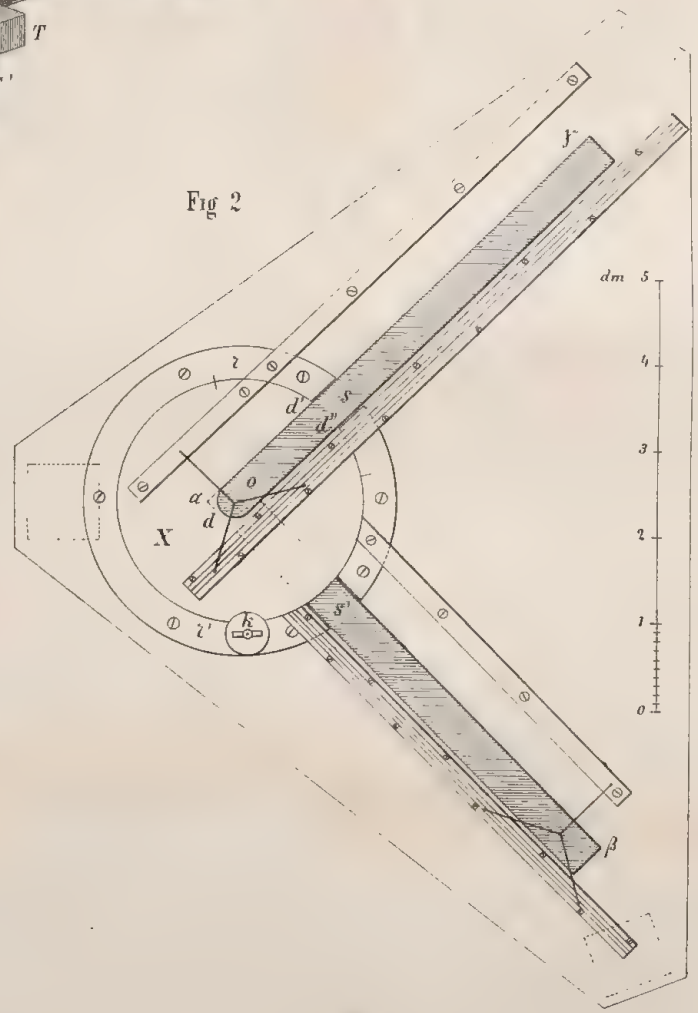
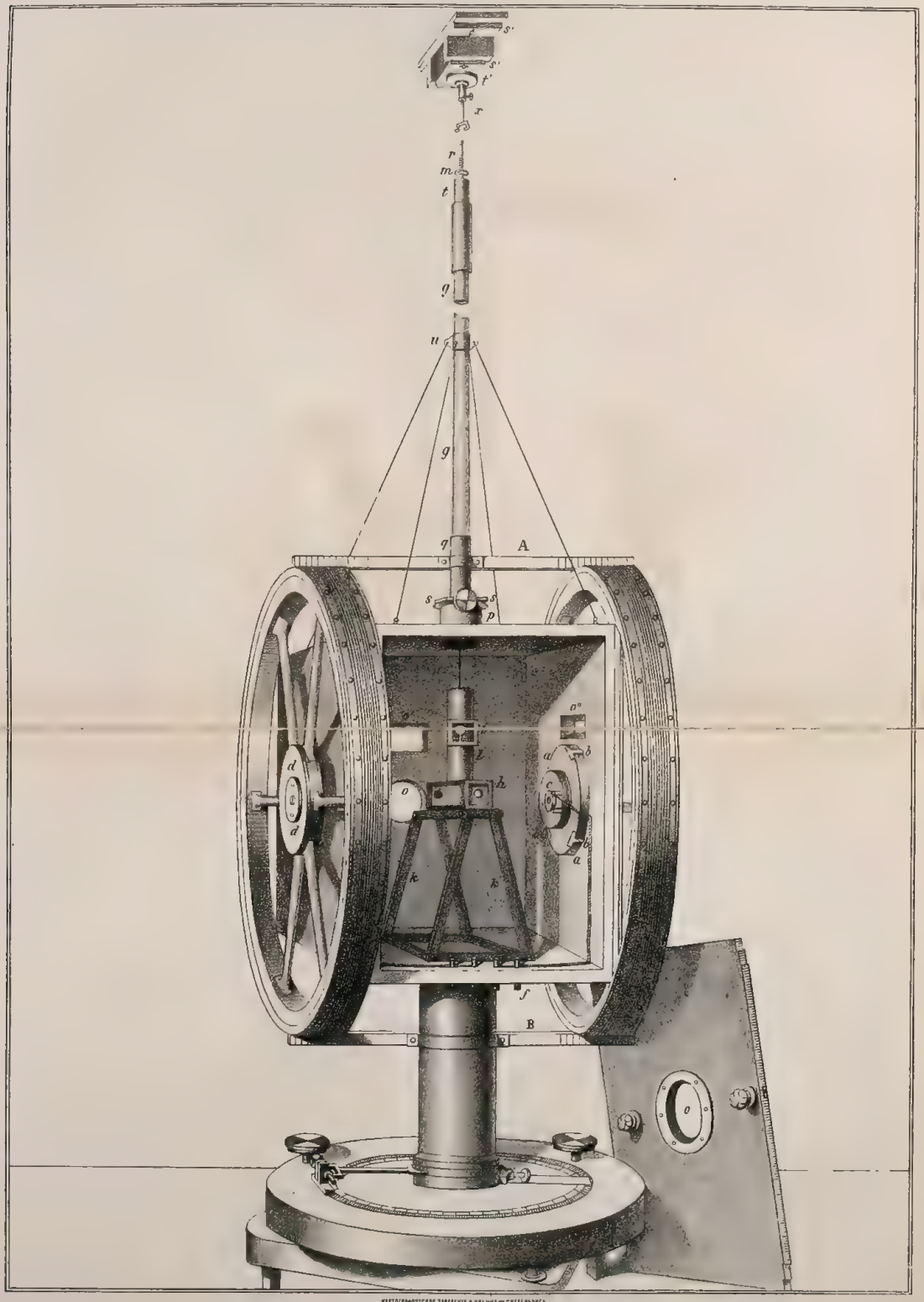
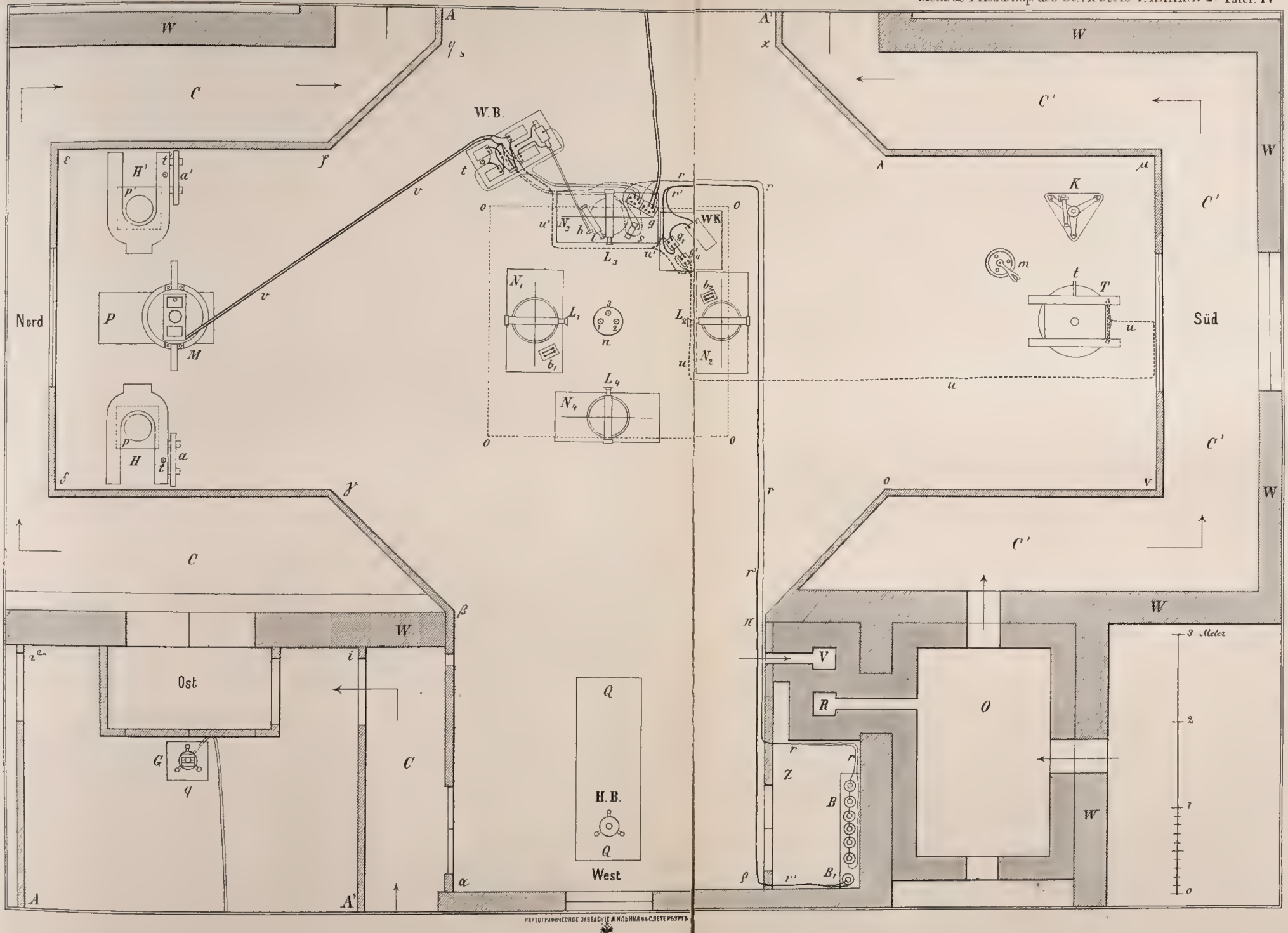


Fig 2



КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ЗАВЕДЕНІЕ А. ИЛЬИНА ВЪ С.ПЕТЕРБУРГѢ


s'
s'
t'
x
r
m
t
g
u
g
q
A
s
s
p
d
d
o
l
h
k
k
o'
a'
b
a
f
B
o



КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ЗАВЕДЕНИЕ А. ИЛЬИНА въ С.ПЕТЕРБУРГѢ

Fig 1.

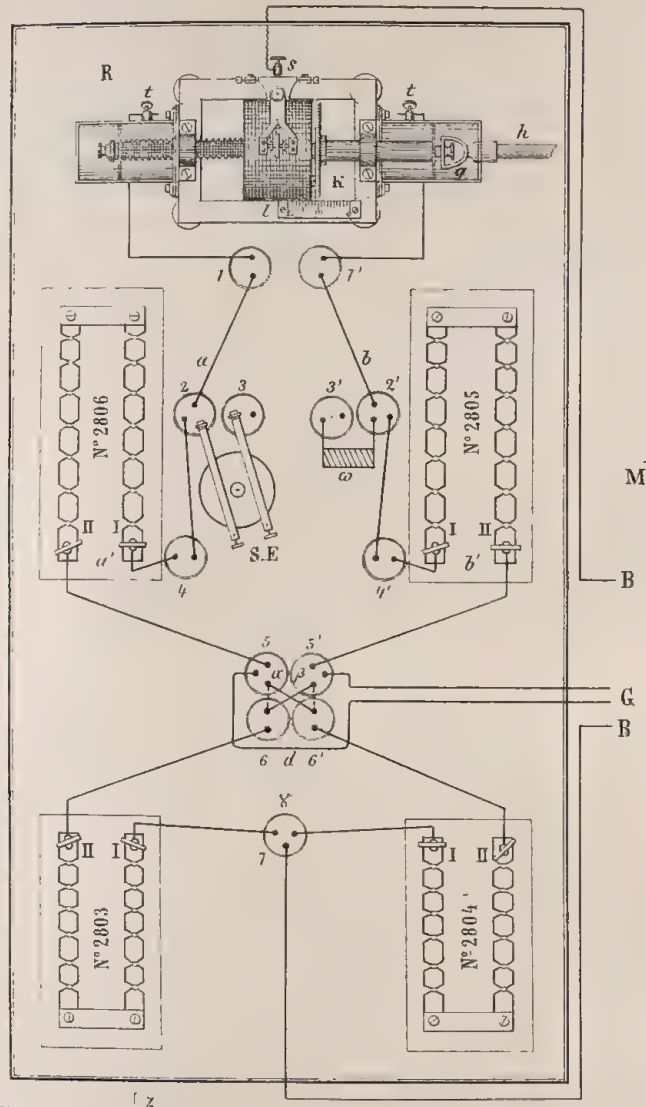


Fig 3

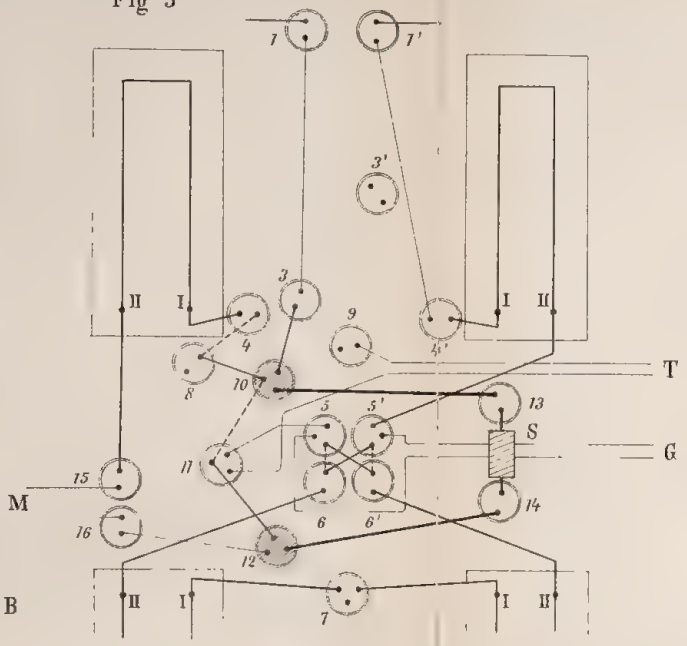


Fig 4

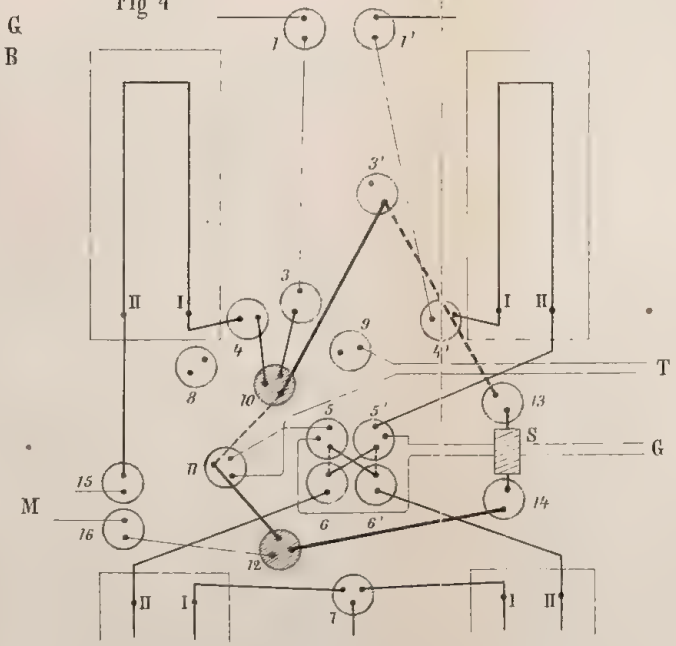


Fig 2.

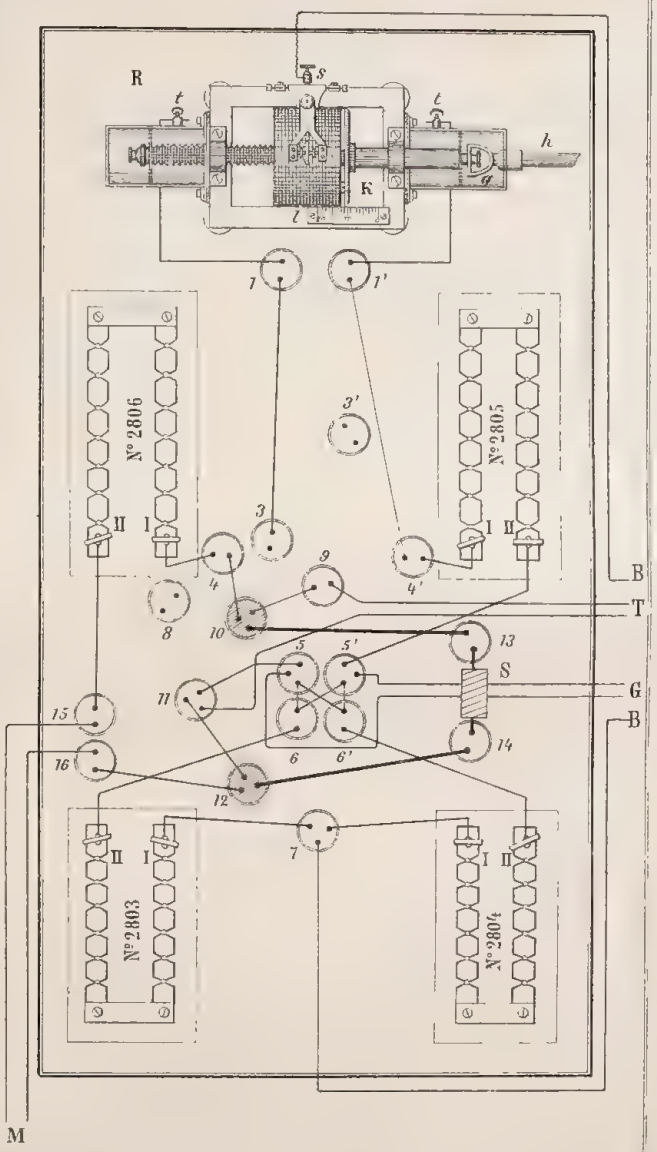


Fig 5 b

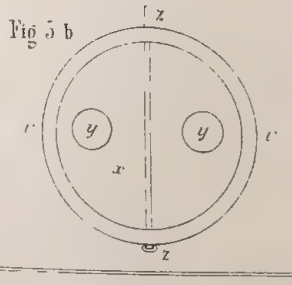
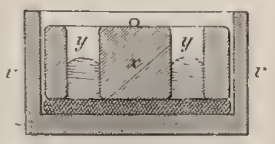


Fig. 5 a



Ouvrages physiques et chimiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences.

T. VI, № 1. **Lenz, E.** Betrachtungen über Ventilation in unseren Klimaten. 1863. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XV, № 7. **Boutlerow, M.** Sur la structure chimique de quelques hydrocarbures non-saturés. 1870. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVII, № 5. **Jacobi, M.** Untersuchungen über die Construction identischer Aräometer und insbesondere metallischer Scalen- und Gewichts-Alcoholometer, nebst Anhang über den Einfluss der Capillaritäts-Erscheinungen auf die Angaben der Alcoholometer. 1871. (Mit 2 Kupfertafeln.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Boutlerow, M.** Sur l'oxydation du triméthylcarbinol et des alcools tertiaires en général. 1871. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVIII, № 8. **Wild, H.** Études métrologiques. 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXI, № 7. **Boutlerow, M.** Sur les propriétés de l'acide triméthylacétique et sur ses dérivés. 1874. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXII, № 6. **Setschenow, J.** Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Salzlösungen. 1875. Pr. 50 K. = 1 Mk 70 Pf.

T. XXIII, № 4. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 2. Sur l'isodibutylène, l'une des variétés isomériques de l'octylène. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 8. **Wild, H.** Metrologische Studien. 1877. (Avec 4 pl.) Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXIV, № 6. **Wischnegradsky, A.** Ueber verschiedene Amylene und Amylalkohole. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXV, № 5. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. (Avec 2 pl.) 1877. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXVI, № 3. **Lenz, R.** Ueber den galvanischen Widerstand verdünnter Lösungen von Verbindungen des Kalium, Natrium, Ammonium und des Wasserstoffs. 1878. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 4. **Hasselberg, B.** Studien auf dem Gebiete der Absorptionsspectralanalyse. 1878. (Avec 4 pl.) Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

№ 8. **Wild, H.** Ueber die Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium. 1878. (Avec 3 pl.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. Deuxième mémoire. 1879. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 14. **Chwolson, O.** Ueber die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden. 1879. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXVII, № 1. **Hasselberg, B.** Ueber das durch electrische Erregung erzeugte Leuchten der Gase bei niedriger Temperatur. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 3. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 3. Sur l'isotributylène. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXVIII, № 3. **Chwolson, O.** Allgemeine Theorie der magnetischen Dämpfer. 1880. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXX, № 2. **Beketoff, N.** Recherches sur la formation et les propriétés de l'oxyde de sodium anhydre. 1882. Pr. 15 K. = 50 Pf.

№ 9. **Lenz, R.** Ueber das galvanische Leitungsvermögen alcoholischer Lösungen. 1882. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXXI, № 10. **Chwolson, O.** Ueber die Wechselwirkung zweier Magnete mit Berücksichtigung ihrer Querdimensionen. 1883. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 12. **Wild, H.** Die Beobachtung der electrischen Ströme der Erde in kürzern Linien. 1883. (Mit einer Tafel.) Pr. 30 K. = 1 Mk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Février, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9e ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 3.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

BEWEGUNG DES ENCKE'SCHEN COMETEN

1871—1881

VON

O. Backlund.

(*Lu le 4 octobre 1883.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mark 50 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 3.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

BEWEGUNG DES ENCKE'SCHEN COMETEN

1871—1881

VON

O. Backlund.

(*Lu le 4 octobre 1883.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mark 50 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mars, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Die Bewegung des Encke'schen Cometen hat man, wie bekannt, bis jetzt nicht vollständig aus den Newton'schen Gravitationsgesetzen ableiten können, indem die mittlere Bewegung einer Veränderung unterworfen zu sein scheint, welche nicht aus diesen Gesetzen hervorgeht. Als Encke fand, dass diese Veränderung wesentlich in einer nahezu gleichförmigen Acceleration bestand, suchte er sie durch seine berühmte Hypothese über ein widerstehendes Mittel zu erklären. In der mathematischen Formel für diese Hypothese bestimmte er die Constante — die sogenannte Widerstandsconstante — aus den Beobachtungen und berücksichtigte dann bei den Rechnungen die theoretisch abgeleiteten Werthe für die Aenderungen der mittleren Bewegung und der Excentricität. Asten schlug in seiner umfassenden Discussion über die 16 Erscheinungen des Cometen 1819—1868 einen directeren Weg ein, indem er die Veränderungen, welche die mittlere Bewegung und die Excentricität während eines Umlaufes des Cometen erleiden, unabhängig von einander bestimmte. Durch die in dieser Weise gewonnenen Resultate scheint er sich vollständig von der Richtigkeit der Encke'schen Hypothese überzeugt zu haben, welche involvirt, dass die Widerstandsconstante, insofern dieselbe von dem Cometen selbst unabhängig ist, den Charakter einer wirklichen Constante besitzt. Hierin dürfte wohl der Grund liegen, dass Asten die Hypothese, es hätte der Comet im Jahre 1869 beträchtliche Störungen durch einen kleinen Planeten erlitten, aufstellte. Mit dieser Hypothese suchte er nämlich zu erklären, warum die Erscheinungen des Cometen 1871 und 1875 mit blosser Hinzuziehung der Encke'schen Hypothese nicht verbunden werden konnten. Die Erscheinungen 1872 und 1881 widersprachen indessen der Asten'schen Hypothese und liessen vielmehr vermuthen, dass die Widerstandsconstante sich verändert hätte. Es schien mir daher von Wichtigkeit, zunächst den Lauf des Cometen nach 1868 eingehend zu untersuchen. Indem diese Untersuchungen nunmehr zu einem gewissen Abschluss gelangt sind, glaube ich die Veröffentlichung derselben nicht länger aufschieben zu müssen.

In der vorliegenden Abhandlung beabsichtige ich deshalb meine Untersuchungen über den Lauf des Encke'schen Cometen während der Zeit 1871—1881 ausführlich mitzutheilen, und zwar gebe ich in der ersten Abtheilung die Herleitung der Normalörter aus den Beobachtungen der beiden Erscheinungen 1871 und 1881. Die von Asten aus den Beobachtungen 1871 und 1875 gebildeten Normalörter habe ich so angenommen, wie er dieselben in seinem zweiten Memoire über den Encke'schen Cometen gegeben hat (Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen, II. Mémoires de l'Académie Impériale de St. Pétersbourg, VII Série). Die zweite Abtheilung enthält die definitive Ableitung der Elemente nebst der Acceleration μ' der mittleren Bewegung. Schliesslich werden im Anhange einige mathematische Entwickelungen gegeben, welche verschiedene Punkte in der folgenden Abhandlung näher beleuchten sollen.

I.

Von den vier Erscheinungen des Cometen 1871, 1875, 1878 und 1881 zeichnet sich die erste durch eine starke Annäherung an die Erde aus. Die Erscheinung 1878 ist nach dem Periheldurchgange und nur auf der südlichen Halbkugel beobachtet worden, während die übrigen drei vor dem Periheldurchgange, und zwar nur auf Sternwarten der nördlichen Halbkugel wahrgenommen sind. Während des Umlaufes 1878—1881 erreichte die Entfernung des Cometen vom Jupiter nahezu ihr Minimum, und der Comet erlitt in Folge dessen bedeutende Störungen durch diesen Planeten. Nur einmal — 1819—1822 — ist seit der Entdeckung des Cometen die Störung in der mittleren Bewegung so gross gewesen, wie bei dem letzten Umlauf.

Hinsichtlich der Ableitung der Normalörter 1871 und 1875 verweise ich auf Asten's schon erwähntes Mémoire. Der behufs Bildung der Normalörter für 1878 berechneten Ephemeride liegen die folgenden Elemente zu Grunde; dieselben unterscheiden sich nur in M um $-59''{,}83$ von demjenigen System, welches Asten im Bulletin der Petersburger Akademie im Jahre 1878 publicirt hat.

Erscheinung 1878.

Elemente.

Epoche und Osculation 1878 Apr. 24,0 M. B. Z.

$$\left.\begin{array}{rl} M_0 = & 332^\circ\ 3'\ 3''{,}26 \\ \varphi = & 58\ \ 7\ 16{,}21 \\ \Omega = & 334\ 39\ \ 9{,}72 \\ \pi = & 158\ 19\ 41{,}46 \\ i = & 13\ \ 6\ 39{,}57 \end{array}\right\} \text{M. Aequ. 1878,0.}$$

$$\mu = 1079''{,}47950$$

Die mittlere Anomalie ist nach der Formel

$$M = M_0 + \mu t + 0''{,}10442\ (t - T)$$

zu berechnen, wo t und T von 1878 Apr. 24,0 gezählt werden und T die Zeit des Perihel-durchganges bedeutet.

Die für die Zeit der Ercheinung zu berücksichtigenden planetarischen Störungen $n\delta z$ in der mittleren Anomalie, w_1 im Briggi'schen Logarithmus des Radius vectors und $r\delta s$ im Sinus der Breite ergeben sich aus der folgenden Tafel.

Planetarische Störungen.

M. B. Z.	$n\delta z$	w_1	$r\delta s$
1878 Aug. 2,0	— 0″,40	+ 171	— 2
12,0	— 1,23	+ 227	+ 8
22,0	— 2,28	+ 266	+ 17
Sept. 1,0	— 3,48	+ 294	+ 25
11,0	— 4,78	+ 316	+ 34

Die Störungen w_1 und $r\delta s$ sind in Einheiten der siebenten Stelle angesetzt.

Ephemeride.

12^h M. B. Z.	☌ app.	Decl. app. ☌	Log. Entfernung. ☌ v. ☉	Log. Entfernung. ☌ v. ♁	Aberr. Zeit.
1878 Aug. 2	$9^h57^m40{,}92$	+ 9° 0′46″,4	9,5880	0,0741	9^m50^s
3	10 5 31,55	7 52 13,1	9,6034	0,0684	9 42
4	10 13 16,87	6 43 31,8	9,6192	0,0628	9 35
5	10 20 57,60	5 34 48,0	9,6353	0,0574	9 27
6	10 28 34,46	4 26 5,8	9,6514	0,0522	9 21
7	10 36 8,11	3 17 29,5	9,6676	0,0472	9 14
8	10 43 39,16	2 9 2,6	9,6835	0,0425	9 8
9	10 51 8,15	+ 1 0 49,1	9,6992	0,0381	9 3
10	10 58 35,54	— 0 7 6,9	9,7145	0,0340	8 58
11	11 6 1,74	1 14 40,9	9,7295	0,0302	8 53
12	11 13 27,08	2 21 48,4	9,7442	0,0268	8 49
13	11 20 51,78	3 28 24,2	9,7584	0,0237	8 45
14	11 28 16,04	4 34 23,3	9,7722	0,0210	8 42
15	11 35 39,98	5 39 40,1	9,7856	0,0187	8 39
16	11 43 3,63	6 44 8,6	9,7986	0,0167	8 37
17	11 50 27,01	7 47 43,1	9,8113	0,0151	8 35
18	11 57 50,06	8 50 18,0	9,8236	0,0139	8 34
19	12 5 12,69	9 51 47,1	9,8355	0,0131	8 33

12^h M. B. Z.	$\mathfrak{A}$ app. ☿	Decl. app. ☿	Log. Entfernung ☿ v. ☉	Log. Entfernung ☿ v. ♁	Aberr. Zeit.
1878 Aug. 20	$12^h12^m34^s,78$	$-10°52'\ 4'',9$	9,8470	0,0127	8^m32^s
21	12 19 56,15	11 51 5,8	9,8582	0,0126	8 32
22	12 27 16,60	12 48 44,7	9,8691	0,0129	8 32
23	12 34 35,90	13 44 56,1	9,8796	0,0135	8 33
24	12 41 53,80	14 39 36,2	9,8899	0,0146	8 35
25	12 49 10,03	15 32 40,8	9,8998	0,0161	8 36
26	12 56 24,31	16 24 6,5	9,9095	0,0177	8 38
27	13 3 36,35	17 13 49,6	9,9189	0,0197	8 41
28	13 10 45,85	18 1 48,3	9,9280	0,0221	8 44
29	13 17 52,52	18 48 0,8	9,9369	0,0247	8 47
30	13 24 56,07	19 32 25,7	9,9457	0,0276	8 50
31	13 31 56,21	20 15 2,3	9,9541	0,0308	8 54
Sept. 1	13 38 52,65	20 55 49,8	9,9622	0,0342	8 58
2	13 45 45,13	21 34 49,4	9,9703	0,0379	9 3
3	13 52 33,40	22 12 1,3	9,9782	0,0417	9 8
4	13 59 17,19	22 47 25,6	9,9858	0,0458	9 13
5	14 5 56,34	23 21 5,0	9,9933	0,0500	9 19
6	14 12 30,63	23 53 2,0	0,0006	0,0544	9 24
7	14 18 59,91	24 23 17,8	0,0077	0,0590	9 30

Vergleichsterne.

№	$\mathfrak{A}$ 1879,0	Decl. 1879,0	№	$\mathfrak{A}$ 1879,0	Decl. 1879,0
1	$10^h16^m57^s,42$	$+6°18'25'',9$	20	$11^h26^m44^s,08$	$-4°36'53'',4$
2	10 26 1,26	+5 15 56,0	21	11 28 12,02	−4 51 32,4
3	10 35 57,60	+3 25 43,4	22	11 36 38,03	−5 44 41,9
4	10 37 13,37	+2 47 52,7	23	11 43 4,69	−6 13 22,5
5	10 37 50,88	+3 51 32,6	24	11 45 0,01	−7 19 5,4
6	10 42 35,49	+2 2 29,6	25	11 51 34,72	−7 52 32,9
7	10 45 30,27	+2 8 43,2	26	11 58 2,52	−9 0 43,1
8	10 46 0,74	+1 40 0,4	27	12 4 56,38	−10 1 57,7
9	10 56 21,14	+0 33 22,7	28	12 5 27,51	−9 53 50,4
10	10 57 3,08	−0 5 52,1	29	12 11 36,80	−10 20 14,1
11	11 6 4,34	−0 31 27,5	30	12 17 4,57	−11 8 25,7
12	11 9 37,67	−1 38 23,0	31	12 25 13,70	−12 53 44,7
13	11 10 1,40	−2 48 46,7	32	12 27 17,79	−12 9 51,3
14	11 14 21,77	−2 14 8,6	33	12 36 33,79	−13 49 52,3
15	11 20 35,03	−3 28 39,4	34	12 36 27,35	−12 35 5,6
16	11 22 11,42	−3 23 59,5	35	12 36 52,68	−12 38 57,3
17	11 22 18,22	−3 26 57,3	36	12 43 24,71	−15 13 19,0
18	11 23 4,08	−3 46 55,7	37	12 53 3,43	−15 52 47,4
19	11 25 10,55	−4 35 30,4	38	12 56 33,48	−16 13 48,4

№	$\mathfrak{A}$ 1879,0	Decl. 1879,0	№	$\mathfrak{A}$ 1879,0	Decl. 1879,0
39	$12^h58^m37^s,11$	$-17°\ 1'30'',4$	45	$13^h23^m27^s,75$	$-19°41'12'',6$
40	12 59 1,85	−16 21 15,5	46	13 25 2,48	−19 31 50,6
41	13 5 13,06	−17 11 24,6	47	13 47 49,03	−21 38 47,2
42	13 13 4,85	−17 53 39,3	48	14 0 36,00	−22 53 46,7
43	13 15 16,83	−18 6 26,3	49	14 4 45,92	−23 17 56,5
44	13 16 13,91	−18 50 8,5	50	14 13 43,21	−23 57 0,6

Diese Sterne sind insgesammt, mit alleiniger Ausnahme von № 33 und № 42, von Herrn Romberg am Pulkowaer Meridiankreis neu bestimmt. Jeder Position liegen wenigstens drei Beobachtungen, die an das Pulkowaer Hauptsystem angeschlossen sind, zu Grunde. Da die Romberg'schen Meridianbeobachtungen bekanntlich zu den vorzüglichsten gehören, die heutzutage geliefert werden, so habe ich es für überflüssig gehalten, auch noch andere Bestimmungen dieser schwachen Sterne zu berücksichtigen. Eine Ausnahme hiervon könnte vielleicht in Bezug auf die wenigen von Gould (Astr. Nachr. Band 97) gegebenen Positionen als wünschenswerth erscheinen. Indessen deuten die Gould'schen Positionen auf einen nicht zu vernachlässigenden constanten Unterschied von den Romberg'schen hin, der in Folge der geringen Anzahl Sterne nur unsicher ermittelt werden kann; ich habe daher auch auf die Benutzung jener Positionen, soweit ich konnte, verzichtet und nur den Stern № 33 aus dem angegebenen Grunde dem Gould'schen Verzeichnisse entnommen; demselben wurden aber die Correctionen

$$\Delta\alpha\ (\text{Romberg-Gould}) = -0^s,09$$
$$\Delta\delta\qquad\qquad\quad = -1'',5$$

hinzugefügt. Die Position des Sterns № 42 ist dem Argelander-Oeltzen'schen Cataloge entnommen.

Der Comet wurde zuerst von Tebbutt Windsor N. S. W. den 3. August, also 8 Tage nach dem Periheldurchgange aufgefunden. Die am Cordobaer Refractor Aug. 8 — Sept. 6 angestellten 43 Beobachtungen zeichnen sich durch besondere Güte aus, während die in Melbourne und Windsor N. S. W. erhaltenen Positionen jenen an Zahl und, wegen der schwächeren Instrumente, wohl auch an Güte nachstehen. Ich habe es deswegen für angezeigt erachtet, bei der Bildung der Normalörter mich nur an die Cordobaer Beobachtungen zu halten, führe aber in der folgenden Zusammenstellung auch die Vergleichung der übrigen Beobachtungen mit der Ephemeride an.

Vergleichung der Beobachtungen mit der Ephemeride.

Ort der Beob.	Datum.	M. B. Z.	Beobachtete α	Beobachtete Decl.	Rechn.-Beob. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.	№ d. Vglst.
Cordoba	1878 Aug. 7	$11^h48^m43^s$	$10^h36^m\ 1^s,66$	+ 3°18′23″,7	− 0s,01	+ 4″,4	3
	8	11 37 13	10 43 30,34	+ 2 10 36,8	− 1,15	− 3,3	7
	8	11 59 22	10 43 36,01	+ 2 9 29,2	+ 0,10	+ 1,1	6
	10	11 57 15	10 58 31,70	− 0 6 37,5	+ 0,20	+ 3,7	10
	12	11 52 6	11 13 21,27	− 2 20 55,5	+ 0,64	− 6,3	14
	12	12 3 38	11 13 24,71	− 2 21 26,0	+ 0,77	− 7,9	14
	12	12 12 43	11 13 27,32	− 2 21 53,0	+ 0,96	− 6,3	14
	13	11 56 8	11 20 47,29	− 3 27 47,5	+ 0,29	+ 1,1	15
	13	11 56 8	11 20 47,54	− 3 27 44,9	+ 0,04	− 1,5	17
	13	12 16 52	11 20 53,57	− 3 28 44,1	+ 0,72	− 2,6	15
	13	12 16 52	11 20 54,05	− 3 38 42,9	+ 0,24	− 3,8	17
	14	11 51 51	11 28 10,52	− 4 33 47,5	+ 0,33	+ 10,3	20
	14	12 9 36	11 28 16,27	− 4 34 29,7	+ 0,06	+ 3,8	20
	14	12 31 16	11 28 22,47	− 4 35 30,5	+ 0,53	+ 5,4	20
	14	12 31 16	11 28 22,88	− 4 35 32,8	+ 0,12	+ 7,7	19
	15	12 1 50	11 35 38,29	− 5 39 15,5	− 0,41	− 6,2	22
	15	12 21 38	11 35 44,41	− 5 40 2,3	− 0,43	− 12,9	22
	17	12 0 57	11 50 24,22	− 7 47 15,9	+ 0,45	− 7,2	25
	17	12 13 35	11 50 27,99	− 7 47 51,3	+ 0,57	− 4,9	25
	18	11 54 0	11 57 46,30	− 8 49 38,6	− 0,72	− 1,7	26
	18	12 8 52	11 57 50,96	− 8 50 20,7	− 0,86	+ 3,0	26
	18	12 30 2	11 57 57,59	− 8 51 10,8	− 0,93	− 2,7	26
	19	11 56 37	12 5 9,10	− 9 51 14,5	− 0,08	− 2,3	28
	19	11 56 37	12 5 8,53	− 9 51 13,1	+ 0,49	− 3,7	27
	19	12 12 12	12 5 13,49	− 9 51 53,8	+ 0,32	− 2,6	27
	22	12 21 58	12 27 20,42	− 12 49 15,1	+ 0,29	− 1,5	31
	23	12 26 7	12 34 41,27	− 13 45 33,2	− 0,03	− 3,5	33
	26	12 9 3	12 56 23,93	− 16 24 8,8	+ 0,51	+ 1,4	38
	26	12 32 13	12 56 30,43	− 16 25 0,4	+ 0,98	+ 5,1	40
	26	12 51 5	12 56 36,37	− 16 25 30,5	+ 0,71	− 5,7	40
	27	12 38 9	13 3 44,59	− 17 14 44,4	+ 0,58	− 5,1	41
	27	13 1 23	13 3 51,86	− 17 15 34,7	+ 0,24	− 2,1	41
	28	12 46 21	13 10 56,86	− 18 2 58,1	+ 0,17	− 4,0	42
	29	12 35 56	13 17 59,82	− 18 48 55,0	+ 0,72	+ 3,0	44
	29	13 4 5	13 18 8,40	− 18 49 48,3	+ 0,45	+ 3,2	44
	30	12 35 9	13 25 3,59	− 19 33 5,4	+ 0,19	− 8,0	45
	30	13 3 4	13 25 11,20	− 19 33 58,6	+ 0,76	− 5,3	46
	30	13 38 11	13 25 21,74	− 19 35 7,3	+ 0,44	+ 0,3	46
	Sept. 2	12 39 13	13 45 53,71	− 21 35 37,3	+ 0,02	− 3,0	47
	2	13 4 46	13 46 0,97	− 21 36 16,7	+ 0,04	− 1,1	47
	4	12 51 27	13 59 27,83	− 22 48 22,5	+ 1,14	− 4,2	48
	5	13 3 28	14 6 10,71	− 23 22 27,6	+ 0,55	+ 8,7	49
	6	13 13 29	14 12 48,83	− 23 54 35,6	− 0,75	+ 10,4	50
Windsor	Aug. 4	21 19 58	10 16 13,23	+ 6 17 19,6	− 0,74	− 4,0	1
	5	21 40 22	10 24 59,18	+ 5 7 26,0	− 0,02	+ 7,1	2
	6	21 36 25	10 31 33,24	+ 3 58 37,2	+ 0,23	+ 26,6	5
	7	21 29 8	10 39 3,80	+ 2 51 3,9	− 0,02	− 12,7	4
	8	21 35 52	10 46 36,88	+ 1 42 7,0	− 0,79	+ 2,7	8
	9	21 31 22	10 53 2,91	+ 0 34 21,7	+ 0,12	− 6,7	9
Melbourne	9	22 13 12	10 54 16,97		− 0,93		9
Windsor	10	21 32 55	11 1 30,33	− 0 33 48,0	+ 0,08	+ 10,5	11
	11	21 58 3	11 9 4,12		− 0,07		12
	12	21 53 28	11 16 28,89	− 2 49 18,1	− 1,19	+ 23,2	13
	13	21 46 17	11 23 49,81	− 3 54 45,8	+ 0,21	− 11,2	18
Melbourne	13	22 4 17	11 23 55,13	− 3 55 57,2	+ 0,44	+ 10,8	18
Windsor	14	21 46 24	11 31 14,16	− 5 0 30,1	+ 0,04	− 10,1	21
	15	21 41 17	11 38 37,05	− 6 5 53,9	− 0,60	+ 29,2	23
	16	21 49 13	11 46 2,76	− 7 10 14,5	− 0,31	+ 21,1	24

Ort der Beob.	Datum.	M. B. Z.	Beobachtete α	Beobachtete Decl.	Rechn.-Beob. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.	№ d. Vglst.
Melbourne	1878 Aug. 19	$22^h11^m43^s$	$12^h\ 8^m17^s,74$	$-10°17'17'',4$	$+0^s,18$	$+5'',8$	29
	20	22 19 4	12 15 42,43	−11 17 16,4	−0,42	+0,5	30
	20	22 40 3	12 15 48,71	−11 18 7,1	−0,27	−0,4	30
	21	22 23 47	12 33 5,13	−12 15 51,9	−0,72	−2,2	32
	24	22 35 4	12 45 4,36	−15 2 49,9	−0,55	−3,7	36
	25	22 23 25	12 52 16,36	−15 54 50,0	−0,55	−1,0	37
	26	22 26 35	12 59 31,46	−16 45 54,2	−1,46	+14,9	39
	28	22 26 47	13 13 49,51	−18 21 48,5	−0,17	−2,5	43

Die obigen Differenzen wurden nun in drei Gruppen getheilt — wobei, wie schon erwähnt, nur die Cordobaer Beobachtungen zur Anwendung kamen — und das arithmetische Mittel der Differenzen in jeder Gruppe gebildet, indem zwei oder drei demselben Tage zugehörigen einfaches Gewicht zugetheilt wurde, doppeltes Gewicht dagegen, sobald wenigstens vier Beobachtungen vorlagen und zugleich mehr als ein Vergleichstern benutzt worden war. Diese Mittel wurden als Normaldifferenzen für die den entsprechenden Mitteln der Beobachtungszeiten nächstliegende Mitternacht angenommen. Die Ephemeride erwies sich nämlich als hinreichend genau, um dieses Verfahren zu rechtfertigen.

Normaldifferenzen.

	M. B. Z.	Rechn.-Beob. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.		
1878	Aug. 12,5	$+0^s,13$	$+0'',1$	Aus den Beob.	Aug. 7 — Aug. 15
	22,5	+0,19	−2,5	» » »	Aug. 17 — Aug. 27
	Sept. 2,5	+0,31	+1,1	» » »	Aug. 28 — Sept. 7

Bemerkungen, die Beobachtungen betreffend.

Den Cordobaer Beobachtungen sind folgende Bemerkungen beigefügt:

The Comet appeared nearly circular throughout the whole period of observation, and until Aug. 26 a slight increase of brigthness towards the centre was appreciable. Its light on the 10th of August was comparable with that of a star of the eight magnitude, but although the Comet was moving southward and eastward its ligth decreased so rapidly that during the last ten days it was difficult to keep it in view, while near the illuminated treads of the field of the telescope. The observations were furthermore impeded by cloudiness and haziness of the horizon, especially on August 8. On the 17th its apparent diameter was very nearly 1′.

Die Beobachtung vom 7. August ist von Gould gemacht; alle übrigen von Herrn Thornton, erstem Assistenten der Sternwarte. Astr. Nachr. Bd. 93.

Instrument: 10zölliger Refractor.

In Betreff der Windsor-Beobachtungen bemerkt Herr Tebbutt:

Owing to there being no nucleus or other definite condensation in the Comet the observations were made with extreme difficulty. All I could do was to note as carefully as possible its bissection at the edges of the ring, the Comet varying from one to two minutes of arc in diameter. Astr. Nachr. Bd. 94.

Instrument: $4^1/_2$zölliger Refractor. Kreismikrometer.

Die Beobachtungen in Melbourne sind ebenfalls an einem $4^1/_2$zölligen Refractor angestellt. Das vom Astronomer Royal Ellery übersandte Manuscript enthält folgende Notizen:

The observations of the 10^{th} and 14^{th} were made with a wire micrometer, the wires of which are thick enough to be visible in twiligth or moonligth. The second set of the 21^{st} and those of the 22^{nd} and 25^{th} were made with a screw micrometer furnished with flat bars instead of wires, and sufficiently wide to be seen on any clear night. The other observations were made with a rhombus formed of similar bars to those in the micrometer just mentioned, of which the diagonals were as nearly as possible equal. On each occasion the comet was of the last degree of faintness, and presented the appearance of a nebulous haze without any condensation of ligth towards the centre, and of which the outline was rather irregular.

Erscheinung 1881.

Die Elemente, welche zur Vorausberechnung der letzten Erscheinung gedient haben (Bulletin de l'Académie de St. Pétersbourg, T. XXVII № 4), waren nicht ganz genau, theils weil die Acceleration der mittleren Bewegung zu gross in Rechnung gebracht war, theils auch in Folge eines kleinen Fehlers, welcher sich in die Berechnung der Saturnstörungen eingeschlichen hatte; nach Anbringung vorläufiger Correctionen konnten sie indess zur Herleitung der Normalörter für diese Erscheinung angewandt werden.

Elemente.

Epoche und Osculation 1881 Juli 2,0 M. B. Z.

$$
\begin{aligned}
M_0 &= 319^\circ 23' \; 3''\!,31 \\
\varphi &= 57 \; 42 \; 49,12 \\
\Omega &= 334 \; 34 \; 4,22 \\
\pi &= 158 \; 30 \; 8,59 \quad \text{M. Aequ. 1881,0} \\
i &= 12 \; 53 \; 0,91 \\
\mu &= 1072''\!,46904
\end{aligned}
$$

Planetarische Störungen.

	12^h M. B. Z.	$n\delta z$	w_1	$r\delta s$
1881	Aug. 22	+ 1″,92	+ 88	— 77
	30	+ 2,23	+ 119	— 101
	Sept. 7	+ 2,45	+ 157	— 127
	15	+ 2,54	+ 202	— 156
	23	+ 2,46	+ 253	— 185
	Oct. 1	+ 2,17	+ 313	— 213
	9	+ 1,61	+ 382	— 241
	17	+ 0,74	+ 462	— 264
	25	— 0,48	+ 556	— 280
	Nov. 2	— 2,12	+ 668	— 277
	10	— 4,26	+ 810	— 223
	18	— 6,76	+ 930	— 73

Die Merkurstörungen sind hier als ohne Einfluss nicht berücksichtigt.

Ephemeride.

12^h M. B. Z.		Æ app. ☄	Decl. app. ☄	Log. Entfernung ☄ v. ☉	Log. Entfernung ☄ v. ♁	Aberr. Zeit.
1881 Aug.	22	$3^h45^m23^s,68$	+ 32°12′43″,2	0,2074	0,1075	10^m38^s
	23	3 48 18,15	+ 32 31 23,4	0,2039	0,1003	10 27
	24	3 51 17,04	+ 32 50 18,1	0,2005	0,0929	10 17
	25	3 54 20,60	+ 33 9 27,9	0,1970	0,0855	10 6
	26	3 57 29,08	+ 33 28 52,7	0,1934	0,0779	9 56
	27	4 0 42,78	+ 33 48 32,4	0,1897	0,0704	9 45
	28	4 4 2,03	+ 34 8 26,9	0,1860	0,0628	9 35
	29	4 7 27,16	+ 34 28 36,2	0,1823	0,0550	9 25
	30	4 10 58,52	+ 34 49 0,2	0,1785	0,0471	9 15
	31	4 14 36,52	+ 35 9 38,5	0,1747	0,0391	9 5
Sept.	1	4 18 21,58	+ 35 30 30,6	0,1707	0,0310	8 54
	2	4 22 14,14	+ 35 51 35,9	0,1667	0,0228	8 44
	3	4 26 14,65	+ 36 12 53,7	0,1627	0,0143	8 34
	4	4 30 23,65	+ 36 34 22,9	0,1586	0,0059	8 25
	5	4 34 41,67	+ 36 56 2,5	0,1545	9,9975	8 15
	6	4 39 9,28	+ 37 17 51,1	0,1503	9,9889	8 5
	7	4 43 47,09	+ 37 39 46,9	0,1460	9,9803	7 56
	8	4 48 35,74	+ 38 1 47,6	0,1416	9,9716	7 46
	9	4 53 35,91	+ 38 23 50,5	0,1372	9,9628	7 37
	10	4 58 48,36	+ 38 45 52,6	0,1327	9,9539	7 28
	11	5 4 13,87	+ 39 7 50,4	0,1281	9,9450	7 19

12^h M. B. Z.		α app. $\mathfrak{C}$	Decl. app. $\mathfrak{C}$	Log. Entfernung $\mathfrak{C}$ v. $\odot$	Log. Entfernung $\mathfrak{C}$ v. $\mathfrak{P}$	Aberr. Zeit.
1881 Sept.	12	$5^h\ 9^m 53^s,20$	+ 39°29′39″,8	0,1234	9,9359	$7^m\ 9^s$
	13	5 15 47,21	+ 39 51 15,7	0,1187	9,9269	7 0
	14	5 21 56,78	+ 40 12 32,4	0,1139	9,9178	6 52
	15	5 28 22,82	+ 40 33 23,3	0,1090	9,9086	6 43
	16	5 35 6,21	+ 40 53 40,6	0,1040	9,8993	6 35
	17	5 42 7,90	+ 41 13 15,5	0,0989	9,8901	6 26
	18	5 49 28,84	+ 41 31 58,0	0,0937	9,8809	6 18
	19	5 57 9,88	+ 41 49 36,8	0,0885	9,8715	6 10
	20	6 5 11,82	+ 42 5 59,0	0,0832	9,8623	6 3
	21	6 13 35,44	+ 42 20 50,0	0,0777	9,8531	5 55
	22	6 22 21,46	+ 42 33 54,0	0,0721	9,8440	5 48
	23	6 31 30,34	+ 42 44 54,0	0,0665	9,8350	5 40
	24	6 41 2,35	+ 42 53 30,3	0,0607	9,8260	5 34
	25	6 50 57,58	+ 42 59 22,4	0,0547	9,8173	5 27
	26	7 1 15,86	+ 43 2 8,4	0,0487	9,8087	5 20
	27	7 11 56,64	+ 43 1 25,4	0,0426	9,8003	5 14
	28	7 22 58,99	+ 42 56 50,3	0,0363	9,7923	5 8
	29	7 34 21,54	+ 42 47 58,8	0,0298	9,7846	5 3
	30	7 46 2,46	+ 42 34 27,7	0,0233	9,7771	4 58
Oct.	1	7 57 59,61	+ 42 15 54,6	0,0167	9,7701	4 53
	2	8 10 10,44	+ 41 51 59,6	0,0098	9,7637	4 49
	3	8 22 31,91	+ 41 22 25,6	0,0028	9,7577	4 45
	4	8 35 0,67	+ 40 46 59,4	9,9956	9,7520	4 41
	5	8 47 33,25	+ 40 5 32,3	9,9883	9,7469	4 38
	6	9 0 6,09	+ 39 18 0,4	9,9807	9,7426	4 35
	7	9 12 35,58	+ 38 24 25,3	9,9730	9,7391	4 33
	8	9 24 58,24	+ 37 24 55,8	9,9651	9,7364	4 31
	9	9 37 10,74	+ 36 19 44,8	9,9571	9,7343	4 30
	10	9 49 10,03	+ 35 9 10,9	9,9688	9,7331	4 29
	11	10 0 53,53	+ 33 53 38,2	9,9403	9,7328	4 29
	12	10 12 19,24	+ 32 33 35,3	9,9315	9,7332	4 29
	13	10 23 25,36	+ 31 9 33,9	9,9226	9,7345	4 30
	14	10 34 10,57	+ 29 42 7,9	9,9134	9,7367	4 31
	15	10 44 34,03	+ 28 11 52,0	9,9039	9,7398	4 33
	16	10 54 35,31	+ 26 39 21,5	9,8942	9,7435	4 36
	17	11 4 14,31	+ 25 5 11,3	9,8843	9,7481	4 39
	18	11 13 31,25	+ 23 29 54,2	9,8740	9,7535	4 42
	19	11 22 26,60	+ 21 54 0,9	9,8634	9,7597	4 46
	20	11 31 0,91	+ 20 17 59,4	9,8525	9,7665	4 51
	21	11 39 15,07	+ 18 42 14,5	9,8413	9,7741	4 56
	22	11 47 10,09	+ 17 7 7,1	9,8298	9,7822	5 1
	23	11 54 47,03	+ 15 32 54,7	9,8179	9,7908	5 8
	24	12 2 7,03	+ 13 59 52,7	9,8057	9,8000	5 14

12^h M. B. Z.		α app. ☄	Decl. app. ☄	Log. Entfernung ☄ v. ☉	Log. Entfernung ☄ v. ♁	Aberr. Zeit.
1881 Oct.	25	$12^h\ 9^m 11^s,34$	+ 12° 28′ 12″,3	9,7931	9,8096	$5^m 21^s$
	26	12 16 1,19	+ 10 58 1,6	9,7802	9,8195	5 29
	27	12 22 37,88	+ 9 29 26,6	9,7668	9,8298	5 36
	28	12 29 2,73	+ 8 2 30,5	9,7531	9,8407	5 45
	29	12 35 17,09	+ 6 37 14,4	9,7390	9,8519	5 54
	30	12 41 22,32	+ 5 13 37,7	9,7246	9,8633	6 3
	31	12 47 19,82	+ 3 51 38,4	9,7099	9,8748	6 13
Nov.	1	12 53 10,96	+ 2 31 12,9	9,6950	9,8867	6 23
	2	12 58 57,15	+ 1 12 16,8	9,6796	9,8989	6 34
	3	13 4 40,00	— 0 5 14,9	9,6644	9,9109	6 45
	4	13 10 20,95	— 1 21 27,7	9,6489	9,9229	6 57
	5	13 16 1,39	— 2 36 27,0	9,6336	9,9351	7 9
	6	13 21 42,94	— 3 50 17,9	9,6184	9,9473	7 21
	7	13 27 27,18	— 5 3 4,7	9,6036	9,9597	7 34
	8	13 33 15,47	— 6 14 50,3	9,5896	9,9720	7 47
	9	13 39 9,09	— 7 25 36,4	9,5766	9,9842	8 0
	10	13 45 9,29	— 8 35 23,1	9,5647	9,9962	8 13
	11	13 51 17,24	— 9 44 7,5	9,5546	0,0081	8 27
	12	13 57 34,04	— 10 51 43,7	9,5463	0,0199	8 41

Vergleichsterne.

№	α 1882,0	Decl. 1882,0	№	α 1882,0	Decl. 1882,0
1	$3^h 53^m 33^s,98$	+ 33° 8′ 12″,6	20	$7^h\ 2^m 46^s,41$	+ 42° 59′ 0″,3
2	3 57 51,89	+ 33 25 24,1	21	7 12 42,94	+ 42 52 25,0
3	4 4 1,20	+ 34 5 22,5	22	7 16 14,48	+ 43 1 35,1
4	4 7 17,65	+ 34 32 12,7	23	7 23 19,97	+ 42 53 13,2
5	4 7 23,93	+ 34 47 31,0	24	7 30 2,67	+ 42 43 40,7
6	4 8 30,52	+ 34 34 17,9	25	7 36 1,46	+ 42 46 32,2
7	4 8 45,37	+ 34 48 50,9	26	7 37 22,78	+ 42 49 45,1
8	4 31 26,55	+ 36 36 37,6	27	7 45 52,61	+ 42 31 35,1
9	5 33 28,51	+ 40 53 33,8	28	7 51 13,97	+ 42 36 45,3
10	5 51 37,33	+ 41 38 36,1	29	7 58 16,12	+ 42 19 13,6
11	5 59 2,85	+ 41 51 51,6	30	8 22 36,52	+ 41 19 36,7
12	6 6 29,68	+ 42 9 23,2	31	8 48 2,15	+ 39 50 46,8
13	6 12 51,90	+ 42 23 25,6	32	8 59 28,15	+ 39 10 0,3
14	6 22 27,64	+ 42 51 42,9	33	9 38 8,83	+ 36 16 37,5
15	6 30 54,14	+ 42 35 28,5	34	9 47 36,46	+ 35 9 31,0
16	6 44 10,41	+ 42 45 26,6	35	9 50 49,68	+ 35 1 34,5
17	6 46 20,52	+ 43 5 30,7	36	10 44 21,08	+ 28 8 25,3
18	6 50 50,26	+ 43 0 1,6	37	10 45 14,76	+ 27 55 20,2
19	6 58 35,13	+ 43 2 46,1	38	10 57 23,40	+ 26 24 33,8

№	$\mathfrak{A}$ 1882,0	Decl. 1882,0	№	$\mathfrak{A}$ 1882,0	Decl. 1882,0
39	$11^h\ 2^m59\overset{s}{.}83$	+ 24°57′53″,6	47	$13^h23^m35\overset{s}{.}94$	— 4°17′43″,9
40	11 15 35,16	+ 23 19 52,6	48	13 28 54,54	— 6 21 45,9
41	11 33 28,68	+ 19 39 0,9	49	13 35 51,88	— 6 22 22,7
42	12 16 21,79	+ 10 35 55,1	50	13 40 9,16	— 7 50 41,4
43	12 21 41,95	+ 9 15 48,9	51	13 42 37,28	— 7 36 3,8
44	13 4 40,45	+ 0 12 35,8	52	13 43 20,52	— 7 39 55,6
45	13 7 15,94	— 2 52 4,9	53	13 46 38,18	— 10 5 56,3
46	13 22 54,68	— 5 20 38,9	54	13 49 33,25	— 8 58 50,6

Die Vergleichsterne sind zum grössten Theile von Herrn Romberg durch drei oder mehr Beobachtungen bestimmt, nur einige wenige beruhen auf einer kleineren Zahl Beobachtungen. Ausgenommen sind nur die Vergleichsterne № 18, 34 und 42, die ich dem Cataloge von Weisse entnommen habe. Da aber die Normalörter, welche von diesen Sternen abhängen, aus unten anzuführenden Gründen noch revidirt werden müssen, ehe die letzte Erscheinung mit den künftigen verbunden wird, so ist voraussichtlich Herr Romberg im Stande, bis dahin für diese Sterne noch genauere Positionen zu liefern.

Der Comet wurde den 20. August von Dr. Peter in Leipzig, den 21. August von Herrn Tempel in Arcetri und den 24. August von O. Struve in Pulkowa und Winnecke in Strassburg aufgefunden. Von den ziemlich zahlreichen Beobachtungen während dieser Erscheinung sind die an den grösseren Instrumenten angestellten den übrigen in so hohem Grade überlegen, dass ich kein Bedenken trage, ausschliesslich die ausgezeichneten Beobachtungsreihen in Genf (Dr. W. Meyer), Paris (Herr Bigourdan), Pulkowa (Dr. H. Struve), Rom (Professor Millosevich) und Strassburg (Professor Winnecke) bei der Bildung der Normalörter zu benutzen.

Vergleichung der Beobachtungen mit der Ephemeride.

Ort der Beob.	Datum.	M. B. Z.	Beobachtete $\mathfrak{A}$	Beobachtete Decl.	Rechn.-Beob. Δ $\mathfrak{A}$	Rechn.-Beob. Δ Decl.	№ d. Vglst.
Strassburg	1881 Aug. 25	$14^h42^m\ 9^s$	$3^h54^m42\overset{s}{.}18$	+ 33°11′39″,0	— 1$\overset{s}{.}$91	— 7″,4	1
Pulkowa	26	13 0 17	3 57 37,12	+ 33 29 39,4	— 1,27	— 5,1	2
Strassburg	29	15 5 32	4 7 53,76	+ 34 31 13,9	— 1,30	— 8,8	4
Genf	Sept. 4	15 41 58	4 31 2,34	+ 36 37 44,6	— 1,05	— 9,6	8
»	16	11 32 14	5 34 57,81	+ 40 53 10,0	— 1,43	+ 2,0	9
»	16	12 4 1	5 35 6,97	+ 40 53 37,6	— 1,49	+ 0,9	9
Paris	18	12 30 29	5 49 37,36	+ 41 32 16,1	— 0,95	+ 0,2	10
Pulkowa	25	12 3 19	6 50 58,22	+ 42 59 20,6	— 1,50	+ 1,4	18
»	26	11 52 29	7 1 10,80	+ 43 2 10,6	— 0,88	— 2,8	20
Rom	26	12 30 38	7 1 29,04	+ 43 2 7,6	— 2,11	+ 1,9	19
Paris	27	12 49 5	7 12 17,59	+ 43 1 14,7	— 1,10	+ 5,9	22
»	28	14 2 19	7 23 54,82	+ 42 56 20,2	— 1,18	— 1,2	23
»	29	14 55 28	7 35 44,30	+ 42 46 34,1	— 0,74	+ 3,8	26
»	30	14 9 14	7 47 4,92	+ 42 33 4,6	— 1,18	— 0,7	27
»	Oct. 1	13 6 54	7 58 31,37	+ 42 15 5,3	— 0,54	— 5,7	29

Ort der Beob.	Datum.	M. B. Z.	Beobachtete α	Beobachtete Decl.	Rechn.-Beob. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.	№ d. Vglst.
Pulkowa	1881 Oct. 3	$12^h\ 0^m\ 6^s$	$8^h 22^m 30^s,89$	$+41°22'28'',5$	$-1^s,38$	$+3'',4$	30
Genf	5	15 29 5	8 49 21,81	+39 59 2,4	−1,59	+7,4	31
»	6	14 52 44	9 1 35,63	+39 11 55,7	−1,78	+7,9	32
Pulkowa	9	12 33 15	9 37 25,67	+36 18 19,9	−0,42	+3,5	33
»	10	12 56 15	9 49 36,53	+35 6 34,8	−0,92	−1,8	34
»	15	14 24 20	10 45 33,53	+28 2 50,0	−0,15	+8,3	36
»	15	15 10 15	10 45 52,57	+28 0 3,1	+0,26	−0,1	37
Genf	16	14 56 18	10 55 45,72	+26 28 7,8	−0,19	+4,5	38
Pulkowa	16	15 36 8	10 56 0,64	+26 25 38,1	+0,59	−1,2	38
Genf	17	15 5 51	11 5 25,81	+24 53 13,9	−0,21	+1,0	39
Strassburg	18	16 17 47	11 15 6,75	+23 13 10,2	+0,20	−5,3	40
Pulkowa	26	16 47 24	12 17 19,17	+10 40 41,9	+0,67	−8,5	42
Rom	Nov. 5	17 23 42	13 17 15,50	−2 52 34,4	+0,80	−12,8	45
Strassburg	6	18 30 18	13 23 13,89	−4 17 39,0	+0,26	(+7'53,9)	47
Rom	7	17 20 11	13 28 41,41	−5 18 27,4	+0,98	−16,9	46
»	8	17 46 19	13 34 37,82	−6 31 27,3	+0,24	−6,3	48
»	9	17 53 20	13 40 34,68	−7 42 19,6	+0,13	−6,1	51
Strassburg	9	18 26 26	13 40 41,55	−7 43 47,4	+1,49	−14,8	52
Rom	10	17 51 34	13 46 35,78	−8 51 38,6	+0,48	−13,5	54
»	11	17 57 58	13 52 47,43	−10 0 27,0	+0,36	−10,9	53

Dunecht	Aug. 28	15 17 55	4 4 28,64	+34 11 19,3	−0,13	−15,1	3
Arcetri	29	12 33 25	4 7 31,76	+34 28 54,0	−1,13	+2,5	6
Dunecht	29	15 38 1	4 7 59,97	+34 31 54,6	−2,58	−22,0	6
Arcetri	30	12 27 27	4 10 59,61	+34 48 55,0	+1,62	+20,8	5
»	30	12 39 21	4 11 1,39	+34 49 12,0	+1,62	+13,9	7
Athen	Sept. 19	12 38 17	5 57 24,50	+41 49 54,3	−4,11	+5,3	11
»	20	13 45 43	6 5 50,01	+42 6 55,4	−4,04	+8,4	12
»	21	10 42 55	6 13 9,76	+42 20 15,6	−3,96	−14,2	13
Cincinnati	21	19 47 4	6 16 26,29	+42 25 39,2	−4,86	−25,8	13
Athen	22	11 22 41	6 22 8,67	+42 33 16,7	−3,29	+15,5	14
Arcetri	23	11 10 50	6 31 10,72	+42 44 33,4	−1,71	+2,1	15
Cincinnati	24	17 33 11	6 43 28,15	+42 55 17,8	−12,42	−12,2	16
»	24	17 49 4	6 43 32,97	+42 55 17,1	−10,74	−7,1	16
Plonsk	25	10 48 37	6 50 27,52	+42 58 36,2	−2,27	+31,8	17
O'Gyalla	26	13 55 46	7 2 5,27	+43 1 59,1	−1,04	+13,7	20
»	27	13 28 48	7 12 35,97	+43 1 27,8	−1,46	−10,8	21
Plonsk	29	11 59 23	7 34 20,95	+42 47 34,8	−2,14	+26,5	25
O'Gyalla	29	12 12 23	7 34 28,10	+42 47 34,5	−3,04	+20,9	24
Leipzig	30	13 16 35	7 46 40,56	+42 33 26,9	−2,80	+12,8	27
Plonsk	30	14 21 40	7 47 12,95	+42 32 30,8	−3,08	+24,6	28
Leipzig	Oct. 6	13 37 19	9 0 57,36	+39 14 32,7	−3,27	+11,6	32
»	10	13 32 36	9 49 50,48	+35 5 1,7	+2,05	−19,8	35
Strassburg	18	16 55 34	11 15 20,21	+23 10 26,3	+0,92	+7,8	40
Athen	20	15 54 16	11 32 21,77	+20 2 41,1	−0,81	+0,9	41
»	27	15 56 48	12 23 40,35	+9 15 19,4	+0,08	+3,0	43
»	Nov. 3	16 30 4	13 5 42,14	−0 19 17,2	+0,31	+0,5	44
Strassburg	8	18 24 11	13 34 45,63	−6 33 24,6	+1,69	−1,0	49
»	9	18 29 58	13 40 43,57	−7 44 25,0	+0,36	+12,5	50

Die Beobachtungen in Genf, Paris, Pulkowa, Rom und Strassburg (Winnecke) ergaben folgende Interpolationsformeln:

Aug. 25.— Sept. 4.

$$\Delta\alpha = -1^s,22 + 0^s,091\ (t - \text{Aug. } 29,36) - 0^s,0106\ (t - \text{Aug. } 29,36)^2$$

$$\Delta \text{ Decl.} = -8'',1 - 0'',40\ (t - \text{Aug. } 29,36) + 0'',024\ (t - \text{Aug. } 29,36)^2$$

Sept. 16. — Sept. 28.

$$\Delta\,\text{Æ} = -\,1^{s}38 + 0^{s}007\,(t - \text{Sept. } 24{,}23) + 0^{s}0035\,(t - \text{Sept. } 24{,}23)^2$$
$$\Delta\,\text{Decl.} = +\,0''8 + 0''05\,(t - \text{Sept. } 24{,}23) + 0''011\,(t - \text{Sept. } 24{,}23)^2$$

Sept. 29. — Oct. 10.

$$\Delta\,\text{Æ} = -\,1^{s}49 - 0^{s}024\,(t - \text{Oct. } 4{,}70) + 0^{s}0292\,(t - \text{Oct. } 4{,}70)^2$$
$$\Delta\,\text{Decl.} = +\,4''9 + 0''39\,(t - \text{Oct. } 4{,}70) - 0''187\,(t - \text{Oct. } 4{,}70)^2$$

Oct. 15. — Oct. 26.

$$\Delta\,\text{Æ} = +\,0^{s}09 + 0^{s}018\,(t - \text{Oct. } 18{,}65) + 0^{s}0067\,(t - \text{Oct. } 18{,}65)^2$$
$$\Delta\,\text{Decl.} = -\,3''5 - 2''15\,(t - \text{Oct. } 18{,}65) + 0''188\,(t - \text{Oct. } 18{,}65)^2$$

Nov. 5. — Nov. 11.

$$\Delta\,\text{Æ} = +\,0^{s}64 - 0^{s}035\,(t - \text{Nov. } 8{,}87) - 0^{s}0126\,(t - \text{Nov. } 8{,}87)^2$$
$$\Delta\,\text{Decl.} = -\,11''1 + 0''25\,(t - \text{Nov. } 9{,}17) - 0''151\,(t - \text{Nov. } 9{,}17)^2$$

Es sei hier bemerkt, dass ich bei der Ableitung von parabolischen Interpolationsformeln mich gewöhnlich einer der Tchebychef'schen Methoden bediene. Sind die Beobachtungen hinreichend zahlreich, so ist diejenige Methode, welche Tchebychef in seinem Memoire: «Sur l'interpolation dans le cas d'un grand nombre de données» auseinandergesetzt hat, vorzuziehen, denn diese zeichnet sich durch besonders einfache Rechenvorschriften aus.

Aus den obigen Formeln wurden folgende Normaldifferenzen berechnet:

Normaldifferenzen.

		Rechn.-Beob.	
	M. B. Z.	Δ Æ	Δ Decl.
1881	Aug. 29,5	— 1ˢ21	— 8″1
	Sept. 24,5	— 1,38	+ 0,8
	Oct. 4,5	— 1,48	+ 4,9
	» 18,5	+ 0,09	— 3,2
	Nov. 8,5	+ 0,65	— 11,3

Bemerkungen zu den Beobachtungen.

Arcetri. «Aug. 29. Der Comet war gross, aber sehr verwaschen, daher auch die Beobachtung mit dem Ringmikrometer sehr erschwert wurde, indem viele feine Sternchen ringsum sich befanden und ein eigentlicher Kern oder eine Mitte des Cometen nicht zu unterscheiden war.»

Athen. Schmidt bemerkt: «Sept. 19.— 22. ward der Comet am Kreismikrometer des $5^1/_2$füss. Refractors beobachtet, stets unsicher und sehr schwierig wegen der Grösse des ganz bleichen und in der Mitte kaum merklich verdichteten Nebels. Oct. 19. und später war der Comet zwar noch ohne eigentlichen Kern, aber kleiner, sehr glänzend und dicht, und gut zu beobachten.»

Bezüglich der interessanten Wahrnehmungen über die Grösse der Coma und deren Verkleinerung mit abnehmender Entfernung von der Sonne verweise ich auf Schmidt's Aufsatz in den Astr. Nachr. № 2419. Hiernach scheint das Aussehen und die scheinbare Grösse des Cometen keinen auffallenden Veränderungen seit 1848 unterworfen gewesen zu sein. Es wäre jedenfalls sehr zu wünschen, wenn bei den künftigen Erscheinungen die Beobachter — nach dem Beispiele von Schmidt — etwas grössere Aufmerksamkeit der scheinbaren Grösse und Gestalt, sowie den Veränderungen des Aussehens schenken wollten.

Dunecht. The comet, altough very faint, is seen without much difficulty in a dark field, but becomes invisible on lighting up the bright wires. The observations, made under such disadvantages, are naturally uncertain, probably to an extent of several seconds, especially on August 28, when the comet was passing several rather bright stars.

Genf. Dr. W. Meyer fügt seinen Beobachtungen Folgendes hinzu: «Sept. 4. Comet ausgebreitet und nicht so sehr schwach. Beobachtung jedoch sehr unbequem, deshalb ziemlich unsicher.

Oct. 5. Comet sehr gut sichtbar, aber immer noch mit kaum angedeuteten Kern. Die schwache Verdichtung scheint excentrisch, so dass die übrige Masse vorangeht.

Oct. 16. Comet sehr hell und gross. Lichtcondensation excentrisch vorangehend, aber nicht sehr ausgeprägt. Alle Beobachtungen sind chronographisch angestellt.»

Leipzig. «Comet Encke erschien als sehr ausgedehnte diffuse Nebelmasse von etwa 5′ Durchmesser, mit geringer Verdichtung.»

O'Gyalla. «Der Comet erschien als ein ganz verwaschenes Object ohne merkbare Verdichtung; aus diesem Grunde, verbunden mit dem sehr schlechten Luftzustande, war die Beobachtung am 26. schwierig. Am 27. wurden einige sternartige Punkte gesehen, ebenso am 29., an welchem Tage man ein Pulsiren bemerkte.»

Paris. Sept. 18. La comète large nébulosité, sans concentration; elle est difficile à observer, surtout pour les passages. Les mesures du 18 et du 27 se rapportent au centre.

Sept. 28. La partie de la comète qui passe la première est legerèment plus brillante; c'est ce que j'ai cherché à pointer. De même le 29, le 30 et Oct. 1.

Dans la partie qui passe la première il y a une condensation de lumière bien visible, mais mal definie; c'est à cette partie, qui se rapportent les mesures.

Oct. 15. La comète se voit très bien; elle a un noyan diffus et assez difficile à observer.

Pulkowa. Dr. H. Struve hat mir folgende Bemerkungen über seine Beobachtungen zugestellt:

«Aug. 26. Schwacher Nebel circa 1′ Durchmesser, ohne bemerkbare Concentration. Durch Alignement mit 3 Sternen verbunden. Beobachter: O. Struve.

Sept. 25. Der Comet besitzt einen deutlich wahrnehmbaren Kern. Ausdehnung des Nebels in Breite 1′,2, in Länge 2′,8. Der Kern excentrisch nördlich vorangehend.

Sept. 26. Ein Kern auf Augenblicke zu sehen, indess weniger scharf als 25.

Oct. 3. Mondschein störend. Kein Kern wahrzunehmen. Im Sucher erscheint der Comet heller als der Vergleichstern 9^m.

Oct. 15. Heftiger Wind, der die Beobachtung erschwert. Der Comet erheblich heller als Oct. 10. mit deutlicher Verdichtung.

Oct. 16. Die hellste Stelle des Cometen nur wenige Secunden breit; ab und zu glaubte ich einen Kern wahrzunehmen.

Oct. 26. Comet in der Dämmerung um 6 Uhr Morgens noch sehr hell; besass zwei getrennte, aber naheliegende Verdichtungen in der Richtung senkrecht zur täglichen Bewegung. Es wurde auf die Mitte zwischen beiden eingestellt. Um $6^1/_4$ Uhr verschwindet der Comet bei zunehmender Helligkeit.

Oct. 28. Im Sucher erscheint der Comet von der Helligkeit eines Sterns 6^m—7^m.

Die Beobachtungen sind sämmtlich am 15zöll. Refractor mit 130- oder 210maliger Vergrösserung angestellt.

Rom. «Nov. 5. La cometa era assai splendida e nucleata diffusamente: vedevasi ad occhio nudo, ma con molta difficoltà per il cielo troppo chiaro e per la poca altezza. La forma della cometa era globulare colla maggiore intensità luminosa un poco eccentrica rispetto alla chioma.

Nov. 5 — Nov. 10. L'astro non potevassi assevare che al crepusculo e perciò il numero dei confronto è sempre scarso. La cometa era lucente, quasi al limite di visibilità ad occhio nudo, lo spettro quello solito delle comete.»

Strassburg. In den Astr. Nachr. № 2391 findet sich folgende Bemerkung von Winnecke: «Am 25. August war der Encke'sche Comet als Nebelfleck von 4′ Durchmesser im Cometensucher auf's Deutlichste zu erkennen. Die Beobachtungen konnten nicht mit grosser Schärfe angestellt werden, weil der innere, gegen 1′ grosse Theil des Cometen, fast gleichförmig hell erschien.»

Die in der ersten Abtheilung der obigen Zusammenstellung aufgenommenen Strassburger Beobachtungen sind von Winnecke am grossen Refractor, die in der zweiten Abtheilung von Dr. Schur am Bahnsucher angestellt. Sämmtliche Strassburger Beobachtungen sind mir brieflich von Dr. Schur mitgetheilt.

Endlich wäre noch folgende interessante Notiz des Herrn Barnard anzuführen:

«On the morning of October 21st 1881, at about $4^h\ 30^m$ ann interesting observation was had of Encke's periodic comet. The comet was very bright and round, with a moderate condensation, being plainly visible in a $1\frac{1}{4}$ inch finder; it was seen to overtake and pass centrally over a star of about the ninth magnitude: the star from the time of first contact with the comet until free from it suffered no diminution of ligth save that due to contrast from a dark to a light background. The star remained so remarkably distinct during the entire progress of occultation that it formally impressed me with the idea of transit of the star across the comet — a pearly point floating between me and the brigth mass of vapour.» (Astr. Nachr. № 2437.)

Erst nach Abschluss meiner Rechnungen gelangten zwei weitere werthvolle Beobachtungsreihen, nämlich von Herrn Bigourdan in Paris und Professor Bredichin in Moskau, zu meiner Kenntniss. Ausserdem hatte ich die Wiener Beobachtung Sept. 17. (Astr. Nachr. № 2442) ganz übersehen. Da die Berücksichtigung dieser Beobachtungen die Resultate der vorliegenden Untersuchung indess nicht wesentlich ändern kann, so habe ich eine Umrechnung der Normalörter bis zur Discussion der nächsten Erscheinung aufgeschoben.

Zusammenstellung der Normalörter.

Die Normalörter, bezogen auf das jedesmalige wahre Aequinoctium, werden nun erhalten, indem man die abgeleiteten Normaldifferenzen den betreffenden Ephemeridenörtern mit umgekehrten Zeichen hinzufügt. In der folgenden Zusammenstellung, wo die Normalörter für 1871 und 1875 Asten's Memoire entnommen sind, habe ich sie auf das mittlere Aequinoctium des Jahresanfanges bezogen.

	M. B. Z.	$\mathfrak{A}$	Decl.
1	1871 Oct. 14,5	14°33′31″,4	+37°20′29″,5
2	Nov. 5,5	331 43 15,6	+35 20 33,4
3	15,0	308 45 2,0	+25 52 24,7
4	25,5	287 51 6,1	+11 53 54,2
5	Dec. 5,0	272 45 40,5	— 0 20 7,0
		M. Aequ. 1871,0	

6	1875	Febr. 27,0	5°36′10″,3	+10° 4′36″,7
7		März 8,0	10 58 49,3	+12 5 15,9
8		26,0	24 36 29,5	+16 13 12,0
9		April 8,0	35 53 45,7	+16 49 30,2
			M. Aequ. 1875,0	
10	1878	Aug. 12,5	168°21′ 3″,8	— 2°21′32″,4
11		22,5	186 48 25,1	—12 48 23,3
12		Sept. 2,5	206 25 28,1	—21 34 30,8
			M. Aequ. 1878,0	
13	1881	Aug. 29,5	61°51′ 6″,0	+34°28′36″,7
14		Sept. 24,5	100 14 48,3	+42 53 35,5
15		Oct. 4,5	128 44 29,7	+40 47 9,7
16		18,5	168 21 55,8	+23 30 19,5
17		Nov. 8,5	203 17 47,7	— 6 14 19,0
			M. Aequ. 1881,0	

II.

Eine vorläufige Discussion der vier Erscheinungen ergab, dass das folgende Elementensystem hinreichend genau ist, um den weiteren Untersuchungen als Grundlage zu dienen.

Elementensystem IV.[1])

Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0.

$$M_0 = 309°37'21''{,}45$$
$$\varphi = 58\ 8\ 54{,}48$$
$$\Omega = 334\ 36\ 55{,}80$$
$$\pi = 158\ 17\ 22{,}76$$
$$i = 13\ 7\ 22{,}54$$
$$\mu = 1079''{,}33355$$
$$\mu' = +0{,}051736$$
$$\varphi' = -1{,}8$$

1) Mit IV wird bezeichnet, dass die Elemente auf vier Erscheinungen beruhen.

Mit μ' und φ' sind hier die Veränderungen in μ und φ während eines Umlaufes des Cometen bezeichnet. Der Werth für φ' ist nicht unabhängig bestimmt, sondern aus dem Werthe von μ' unter der Annahme abgeleitet, dass die Kraft, welche die Beschleunigung μ' der mittleren Bewegung verursacht, durch den Ausdruck

$$U \cdot \frac{V^2}{r^2}$$

darstellbar sei, wo U eine Constante und V und r Geschwindigkeit resp. Radius vector bedeuten. Wie weiter unten bewiesen werden soll, führen noch viele andere Hypothesen über diese Kraft fast auf denselben Werth von φ'; bei unserer gegenwärtigen, so gut wie verschwindend geringen Kenntniss von der Ursache der Beschleunigung μ' ist es deshalb gleichgiltig, welche von allen diesen Hypothesen adoptirt wird, vorausgesetzt, dass sie dem aus den Beobachtungen abgeleiteten Verhältnisse $\frac{\mu'}{\varphi'}$ Genüge leistet. Es war somit vorläufig für mich kein Grund vorhanden, dem obigen schon in der Theorie des Encke'schen Cometen angewandten Ausdrucke einen anderen vorzuziehen. Die Grösse φ' aber direct aus nur vier Erscheinungen abzuleiten schien mir nicht rathsam, besonders da Asten den numerischen Betrag des Verhältnisses $\frac{\mu'}{\varphi'}$ mit grosser Schärfe bestimmt hat, und dieses Verhältniss höchst wahrscheinlich constant ist.

Wird zunächst angenommen, dass μ und φ sich nur proportional der Zeit ändern, so ergeben sich die bei den numerischen Rechnungen zu befolgenden Vorschriften aus den Formeln:

$$\mu = \mu_0 + \mu'\tau$$

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi'\tau$$

$$M = M_0 + \mu_0 t + 600\ \mu'\tau^2$$

wo τ für $\frac{t}{1200}$ gesetzt ist.

Das Verfahren dagegen, nach welchem Asten die Aenderungen μ' und φ' berücksichtigte, beruht eigentlich auf der Annahme, dass μ und φ sich unstetig ändern, und zwar derartig, dass sie im Augenblicke des Periheldurchganges des Cometen den Zuwachs μ' resp. φ' erhalten. Abgesehen davon, dass die mittlere Bewegung dadurch im Allgemeinen eine etwas andere Bedeutung bekommt, so lehrt eine einfache Ueberlegung, dass eine solche Annahme — die mit den Thatsachen nicht übereinstimmen kann — nothwendiger Weise auf eine ungenauere Darstellung der beobachteten einzelnen Erscheinungen führen müsse.

Schliesst man sich der Encke'schen oder ähnlichen Hypothesen über die unbekannte Kraft an, und handelt es sich dabei darum, den Lauf des Cometen möglichst gut durch die Theorie darzustellen, so kann es nicht genügen, nur die der Zeit proportionalen Veränderungen der Elemente, welche durch die angenommene Kraft hervorgebracht werden, zu berücksichtigen, sondern es müssen auch die der angenommenen Hypothese gemäss auftretenden periodischen

Aenderungen in Rechnung getragen werden. Zu dem angeführten Ausdruck von M kommen also noch periodische Glieder hinzu, und wir können schreiben:

$$M = M_0 + \mu t + 600\,\mu'\tau^2 + u_2 \cos 2u + u_4 \cos 4u + \ldots$$

wo u irgend eine bekannte Function von M ist.

Wird u durch die Relation

$$V = 2am \frac{2K}{\pi} u \qquad \left(\text{Mod} \cdot k = \frac{2\sqrt{e}}{1+e}\right)$$

definirt, so ergiebt sich eine leichte Methode, die Coefficienten a_2, a_4 etc. zu ermitteln. Die auf Grundlage der Form $U \frac{V^2}{r^2}$ der störenden Kraft und der Asten'schen Elemente XVI des Encke'schen Cometen, wozu $\mu' = +0''{,}1044184$ gehört, berechneten Coefficienten sind:

$$a_2 = -8''{,}15$$
$$a_4 = +0{,}85$$
$$a_6 = +0{,}61$$
$$- - - -$$

Da in dem einen Zweig der Cometenbahn der Winkel $2u$, während gewisser Erscheinungen, sich um etwa $40° - 50°$ ändern kann, so ist ersichtlich, dass der periodische Ausdruck bei solchen Erscheinungen einen merklichen Einfluss ausüben muss. Nun ergiebt sich noch aus den später anzuführenden Formeln, dass alle diejenigen Hypothesen, welche auf das beobachtete Verhältniss $\frac{\mu'}{\varphi'}$ führen, auch — bei demselben Werth von μ' — nahezu dieselben Werthe von a_2 a_4 etc. liefern; es ist demnach a priori wahrscheinlich, dass die Berücksichtigung der periodischen Glieder eine bessere Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung herbeiführen wird. Die periodische Veränderung in der Excentricität, sowie die nur periodischen Veränderungen der Länge des Perihels sind dagegen zu klein um von Einfluss auf die Darstellung der Beobachtungen zu sein.

Obgleich nach 1868 der Betrag von μ' und folglich auch derjenige des periodischen Ausdrucks auf etwa die Hälfte des früheren Betrags reducirt erscheint, so habe ich nichtsdestoweniger nicht unterlassen, bei der Verbindung der vier letzten Erscheinungen den Einfluss der periodischen Veränderungen von μ auf die Darstellung der Beobachtungen zu untersuchen. Ich habe demgemäss die genannten Erscheinungen sowohl ohne wie mit Berücksichtigung des periodischen Theiles von M zu vereinigen gesucht.

Ehe ich weiter gehe, muss noch das angeführte Elementensystem durch Hinzufügung der bei den Störungsrechnungen angewandten Massenwerthe vervollständigt werden. Diese sind:

$$m_0 \ (\☿) = \frac{1}{7636440}$$
$$m_1 \ (\♀) = \frac{1}{401839}$$

$$m_2\ (☿+☽) = \frac{1}{305878}$$
$$m_3\ (♂) = \frac{1}{2680337}$$
$$m_4\ (♀) = \frac{1}{1049{,}632}$$
$$m_5\ (♄) = \frac{1}{3501{,}6}$$

Von diesen Werthen hat Asten denjenigen der Merkursmasse, der Summe der Erd- und Mondmasse, und der Jupitersmasse aus den Beobachtungen des Encke'schen Cometen abgeleitet. Indessen dürfte der Encke'sche Comet nicht das geeignetste Mittel zur Bestimmung der Planetenmassen abgeben, namentlich so lange nicht alle störenden Einflüsse auf seine Bewegung berücksichtigt werden oder nicht berücksichtigt werden können. Speciell in Bezug auf die von Asten abgeleitete Erdmasse kann man sich des Verdachts nicht erwehren, dass die Bestimmung beträchtlich unsicherer ist, als der wahrscheinliche Fehler angiebt (W. F. von $\frac{1}{m_2} = \pm 2272$). Der periodische Theil von M geht nämlich bei kleinen Entfernungen von der Erde vervielfältigt in die berechneten geocentrischen Oerter über; die Bestimmung der Erdmasse wird daher nachtheilig afficirt durch Vernachlässigung des periodischen Theiles, falls ein solcher wirklich existirt.

Die angeführten Venus- und Marsmassen entsprechen allerdings nicht den neueren Bestimmungen, aber in Anbetracht ihres geringfügigen Einflusses auf den Encke'schen Cometen können ihre Fehler hier als belanglos angesehen werden.

Zur Vergleichung der Elemente mit den Normalörtern müssen die Störungen angegeben werden, welche der Comet durch die Planeten erfahren hat. Die Störungen 1874 October 24,0 — 1871 Juli 15,0 und 1874 October 24,0 — 1878 April 24,0 habe ich den Asten'schen Rechnungen, nachdem dieselben revidirt worden waren, entlehnt. Die Störungen 1878 April 24,0 — 1881 Juli 2,0 sind auf zweierlei Weise berechnet, einmal nach Hansen's Methode und einmal nach der Methode der Variation der Constanten. Die ermittelten Jupiterstörungen konnten ausserdem theilweise mit den vorhandenen Rechnungen über die absoluten Störungen verglichen werden. Es lässt sich indess nicht läugnen, dass ungeachtet dieser Sorgfalt noch kleine Unsicherheiten in den Jupiterstörungen nachgeblieben sind; dieselben jedoch gänzlich zu beseitigen, würde eine ganz andere Anlage der Rechnungen als die gewöhnliche nöthig machen, und dies scheint in Anbetracht der beträchtlicheren Arbeit und der Unsicherheit der Beobachtungen vorläufig kaum motivirt. Die Merkursstörungen wurden theils direct berechnet, theils durch Transformation auf den Schwerpunkt des Systems Sonne-Merkur, und umgekehrt, ermittelt. Die Störungen durch Uranus und Neptun sind vernachlässigt.

Störungswerthe.

1874 Oct. 24,0 — 1871 Juli 15,0 $T_0 - T_1 = 1200$ Tage

	ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
Planetarische	+ 6′14″,80	+ 0″,49478	— 29″,23	+ 48″,99	— 38,13	+ 5″,96
Empirische	+ 31,05	— 0,05174	+ 1,80			

1874 Oct. 24,0 — 1878 April 24,0 $T_0 - T_1 = 1275$ Tage

	ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
Planetarische	+ 9′16″,35	+ 0″,05902	— 1′34″,59	— 18″,77	— 11″,95	— 44″,33
Empirische	+ 35,05	+ 0,05500	— 1,80			

1874 Oct. 24,0 — 1881 Juli 2,0 $T_0 - T_2 = 2440$ Tage

	ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
Planetarische	— 1°48′20″,26	— 7″,38365	— 25′47″,05	— 7′37″,20	+ 14′59″,29	— 14′14″,63
Empirische	+ 2 8,34	+ 0,10519	— 3,60			

Mittelst dieser Störungswerthe und unter Anbringung der Praecession wurden nun die angeführten Elemente auf die Epochen 1871 Juli 15,0, 1878 April 24,0 und 1881 Juli 2,0 bezogen. Damit ergab sich die folgende Elemententafel, in welcher der Uebersicht wegen die Elemente 1874 Oct. 27,0 nochmals aufgeführt sind.

Epoche und Osculation 1871 Juli 15,0 M. B. Z.

$M_0 = 309°57'27''{,}04$
$\varphi = 58\ 8\ 27{,}05$
$\Omega = 334\ 34\ 21{,}20$
$\pi = 158\ 13\ 23{,}76$ } M. Aequ. 1871,0
$i = 13\ 7\ 26{,}68$
$\mu = 1079''{,}77659$

Epoche und Osculation 1874 October 27,0 M. B. Z.

$M_0 = 309°37'21''{,}45$
$\varphi = 58\ 8\ 54{,}48$
$\Omega = 334\ 36\ 55{,}80$
$\pi = 158\ 17\ 22{,}76$ } M. Aequ. 1875,0
$i = 13\ 7\ 22{,}54$
$\mu = 1079''{,}33355$

Epoche und Osculation 1878 April 24,0 M. B. Z.

$$\left.\begin{array}{rl} M_0 = & 332^\circ\ 3'\ 3''\!,13 \\ \varphi = & 58\ 7\ 18,09 \\ \Omega = & 334\ 39\ 9,72 \\ \pi = & 158\ 19\ 41,46 \\ i = & 13\ 6\ 39,57 \end{array}\right\} \text{M. Aequ. 1878,0}$$

$$\mu = 1079''\!,44757$$

Epoche und Osculation 1881 Juli 2,0 M. B. Z.

$$\left.\begin{array}{rl} M_0 = & 319^\circ 24'\ 3''\!,39 \\ \varphi = & 57\ 43\ 3,83 \\ \Omega = & 334\ 34\ 24,00 \\ \pi = & 158\ 29\ 46,19 \\ i = & 12\ 53\ 10,63 \end{array}\right\} \text{M. Aequ. 1881,0}$$

$$\mu = 1072''\!,05501$$

Aequatoreal-Constanten.

	M. Aequ. 1871,0	M. Aequ. 1875,0	M. Aequ. 1878,0	M. Aequ. 1881,0
A'	248°48′22″,93	248°52′18″,96	248°54′31″,6	249° 3′29″,93
B'	154 51 2,79	154 55 21,14	154 58 9,8	155 12 15,19
C'	166 37 58,70	166 41 5,88	166 42 23,6	166 48 30,86
log sin a	9,9979264	9,9979331	9,9979424	9,9979999
log sin b	9,9125484	9,9125317	9,9125676	9,9136631
log sin c	9,7663846	9,7663977	9,7662991	9,7639659

Für die Schiefe der Ekliptik ist der von Oppolzer corrigirte Leverier'sche Werth angenommen. Die Sonnen-Coordinaten sind dem Berliner Jahrbuch entlehnt; dieselben beruhen demnach auf Leverrier's Sonnentafeln.

Die für die einzelnen Normalörter zu berücksichtigenden planetarischen Störungen ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung.

Planetarische Störungen.

	M. B. Z.	$n\delta z$	w_1	$r\delta s$
1871	Oct. 14,5	+ 0″,09	— 58	+ 10
	Nov. 5,5	+ 0,68	— 99	+ 11
	15,0	+ 1,13	— 123	+ 5
	25,5	+ 1,73	— 142	— 6

	M. B. Z.	$n\delta z$	w_1	$r\delta s$
1871	Dec. 5,0	+ 2″,45	— 152	— 23
1875	Febr. 27,0	— 1,58	— 17	— 43
	März 8,0	— 1,75	— 29	— 49
	26,0	— 1,86	— 79	— 56
	April 8,0	— 1,52	— 171	— 44
1878	Aug. 12,5	— 1,29	+ 228	— 2
	22,5	— 2,34	+ 267	+ 17
	Sept. 2,5	— 3,67	+ 298	+ 27
1881	Aug. 29,5	+ 2,20	+ 115	— 98
	Sept. 24,5	+ 2,42	+ 260	— 188
	Oct. 4,5	+ 1,98	+ 339	— 224
	18,5	+ 0,61	+ 473	— 266
	Nov. 8,5	— 3,67	+ 773	— 245

Vergleichung der Normalörter mit den Elementen IV.

	M. B. Z.	a) $M = M_0 + \mu t + 31'',042\,\tau^2$ El. IV. — N. O Cos Decl. $\Delta\alpha$	a) Δ Decl.	b) $M = M_0 + \mu t + 31'',042\,\tau^2 - 4'',04 \cos 2u$ [1]) El. IV. — N. O. Cos Decl. $\Delta\alpha$	b) Δ Decl.
1871	Oct. 14,5	— 5″,64	+ 4″,95	— 8″,31	+ 1″,42
	Nov. 5,5	— 10,76	+ 6,89	— 3,70	— 1,70
	15,0	— 29,51	+ 4,20	— 10,24	— 0,66
	25,5	— 41,39	— 4,19	— 10,45	— 1,01
	Dec. 5,0	— 39,73	— 14,77	— 4,43	— 6,31
1874	Febr. 27,0	— 2,56	+ 5,53	— 2,90	+ 5,33
	März 8,0	— 3,39	— 1,72	— 3,81	— 1,95
	26,0	— 4,81	— 1,26	— 5,96	— 1,11
	April 8,0	— 3,72	— 5,79	— 5,65	— 1,95
1878	Aug. 12,5	— 7,92	+ 8,10	— 19,23	+ 16,85
	22,5	— 7,04	+ 4,53	— 16,15	+ 10,80
	Sept. 2,5	— 4,42	+ 5,11	— 11,79	+ 9,03
1881	Aug. 29,5	— 24,41	— 3,66	— 27,31	— 4,22
	Sept. 24,5	— 13,24	+ 14,07	— 22,75	+ 16,19
	Oct. 4,5	— 1,29	+ 14,88	— 13,29	+ 22,54
	18,5	+ 23,31	— 5,87	+ 15,90	+ 6,88
	Nov. 8,5	+ 15,38	— 16,67	+ 8,79	— 6,21

1) Die übrigen Glieder sind vernachlässigt worden.

In den jetzt aufzustellenden Bedingungsgleichungen von der Form

$$a\Delta\pi + \frac{b}{10}\Delta\Omega + c\Delta i + d\Delta\varphi + e\Delta M + f10^4\Delta\mu + g10^6\Delta\mu_1 + n = 0$$

bedeutet μ_1 die Veränderung von μ in einem mittleren Sonnentag. Mit μ' ist dagegen im Vorhergehenden die Veränderung von μ im Laufe von 1200 Tagen bezeichnet worden.

Coefficienten zu den Bedingungsgleichungen.

1871.

Cos Decl. $\Delta\alpha$

	1	2	3	4	5
log a	0,36551	0,08995	$9{,}49693_n$	$0{,}14849_n$	$0{,}17373_n$
» b	0,18718	0,28171	0,15588	9,89014	9,61321
» c	$0{,}04892_n$	$0{,}22195_n$	$0{,}11580_n$	$9{,}82196_n$	$9{,}33435_n$
» d	$0{,}64280_n$	$0{,}16559_n$	0,38286	0,72029	0,74221
» e	0,38138	$0{,}63495_n$	$0{,}98905_n$	$1{,}11553_n$	$1{,}10825_n$
» f	$9{,}42938_n$	9,63861	0,00549	0,13541	0,12887
» g	0,17632	$0{,}33863_n$	$0{,}72030_n$	$0{,}85448_n$	$0{,}84850_n$
» s	0,29770	$0{,}78165_n$	$1{,}07053_n$	$1{,}17253_n$	$1{,}55576_n$
» n_1	$0{,}75128_n$	$1{,}03181_n$	$1{,}46997_n$	$1{,}61690_n$	$1{,}59912_n$
» n_2	$0{,}91960_n$	$0{,}56820_n$	$1{,}01030_n$	$1{,}01912_n$	$0{,}64836_n$
» n_3	8,30103	0,73640	$0{,}87506_n$	$1{,}17926_n$	$1{,}08707_n$

Δ Decl.

log a	0,15585	0,46420	0,39092	0,07386	9,51990
» b	$0{,}55080_n$	$0{,}47704_n$	$0{,}37662_n$	$0{,}13197_n$	$9{,}34479_n$
» c	0,22006	0,22284	0,22523	0,22920	0,14846
» d	$0{,}51095_n$	$0{,}83961_n$	$0{,}77461_n$	$0{,}48323_n$	$0{,}00843_n$
» e	0,50182	0,71991	0,39139	$0{,}12840_n$	$0{,}48767_n$
» f	$9{,}53242_n$	$9{,}75658_n$	$9{,}44722_n$	9,09823	9,49537
» g	0,26151	0,49220	0,20081	$9{,}75802_n$	$0{,}20140_n$
» s	9,97987	0,38971	$9{,}62483_n$	$0{,}51964_n$	$0{,}58581_n$
» n_1	0,69461	0,83822	0,62325	$0{,}62221_n$	$1{,}16938_n$
» n_2	0,15229	$0{,}23045_n$	$9{,}81954_n$	$0{,}00432_n$	$0{,}80003_n$
» n_3	$0{,}24797_n$	0,61172	0,85242	0,67669	$0{,}36361_n$

1875.

Cos Decl. $\Delta\alpha$

	6	7	8	9
log a	9,63371	9,59640	9,44776	8,67934
» b	9,32980	9,02119	$9{,}17638_n$	$9{,}49996_n$
» c	$9{,}48219_n$	$9{,}45347_n$	$9{,}31507_n$	$8{,}76492_n$

log d	0,00064$_n$	0,02678$_n$	0,06182$_n$	0,02287$_n$
» e	9,47411	9,62098	9,80965	9,94946$_n$
» f	6,78260	7,41108	7,80743	8,27493$_n$
» g	7,17844$_n$	6,37760$_n$	7,37474	8,27585$_n$
» s	9,56176$_n$	9,63118$_n$	9,25980$_n$	0,36334$_n$
» n_1	0,40824$_n$	0,53020$_n$	0,68215$_n$	0,57054$_n$
» n_2	0,46240$_n$	0,58092$_n$	0,77525$_n$	0,75205$_n$
» n_3	0,48714	0,55871	0,65992	0,48714$_n$

Δ Decl.

log a	9,46249	9,39363	9,09472	8,65925$_n$
» b	9,74312$_n$	9,58365$_n$	9,02531	9,83078
» c	9,64830	9,63831	9,57124	9,21192
» d	9,82746$_n$	9,81673$_n$	9,71878$_n$	9,48095$_n$
» e	9,25474	9,24657	8,91887$_n$	0,24832$_n$
» f	5,73649	6,28098	7,53716$_n$	8,48996$_n$
» g	7,11158$_n$	7,10888$_n$	7,62673$_n$	8,42876$_n$
» s	9,49426$_n$	9,25876$_n$	8,04179$_n$	0,12621$_n$
» n_1	0,74273	0,23553$_n$	0,10037$_n$	0,76268$_n$
» n_2	0,72673	0,29003$_n$	0,04532$_n$	0,29003$_n$
» n_3	0,82672	8,30100	9,00000	0,98632$_n$

1878.

	Cos Decl. ΔÆ			Δ Decl.		
	10	11	12	10	11	12
log a	9,12342	9,34594	9,59609	9,10890$_n$	9,21888$_n$	9,28863$_n$
» b	8,07188	9,46777$_n$	9,71902$_n$	8,99207	9,48494$_n$	9,86504$_n$
» c	9,48508$_n$	9,58942$_n$	9,55563$_n$	9,62494$_n$	9,75922$_n$	9,82640$_n$
» d	9,61853	9,96651	0,16390	9,63614$_n$	9,76366$_n$	9,86780$_n$
» e	0,56481	0,56190	0,53281	0,45324$_n$	0,39952$_n$	0,25844$_n$
» f	9,70202	9,70059	9,67346	9,59093$_n$	9,53841$_n$	9,39881$_n$
» g	0,53808	0,53817	0,51296	0,42749$_n$	0,37620$_n$	0,23801$_n$
» s	0,89660	0,90670	0,90902	0,83187$_n$	0,83622$_n$	0,78738$_n$
» n_1	0,89873$_n$	0,84757$_n$	0,64542$_n$	0,90849	0,65610	0,70842
» n_2	1,28398$_n$	1,20817$_n$	1,07151$_n$	1,22660	1,03342	0,95569
» n_3	0,84261	0,65225	9,04139	8,00000	0,14613$_n$	0,62941

1881.

	Cos Decl. ΔÆ				
	13	14	15	16	17
log a	9,99450	9,90409	9,40495	9,58546$_n$	8,32531$_n$
» b	9,02840$_n$	9,74523$_n$	9,83137$_n$	8,98641$_n$	9,64568
» c	9,28259$_n$	9,47238	9,84972	9,88121	9,09433
» d	0,37366$_n$	0,44464$_n$	0,17658$_n$	0,00899	9,94994

» e	0,41201	0,73489	0,75541	0,45083	0,25734
» f	9,81717	0,14304	0,16528	9,86482	9,67151
» g	0,92116	1,25008	1,27405	0,97764	0,78459
» s	0,99579	1,34950	1,39328	1,15698	0,99140
» n_1	$1{,}38755_n$	$1{,}12181_n$	$0{,}11215_n$	1,36754	1,18691
» n_2	$1{,}43632_n$	$1{,}35698_n$	$1{,}12352_n$	1,20140	0,94399
» n_3	1,61763	$1{,}85028_n$	$1{,}88762_n$	$1{,}52699_n$	$1{,}42127_n$

		Δ Decl.			
log a	9,25573	$9{,}59652_n$	$9{,}76078_n$	$9{,}31515_n$	$8{,}97708_n$
» b	$0{,}28419_n$	$0{,}21757_n$	$0{,}03673_n$	$9{,}30068_n$	9,80890
» c	0,00577	0,16605	0,15216	9,99564	9,33183
» d	$9{,}64202_n$	0,02596	0,28610	9,97527	$9{,}16720_n$
» e	9,69320	$0{,}08342_n$	$0{,}56004_n$	$0{,}68609_n$	$0{,}45771_n$
» f	9,09860	$9{,}48858_n$	$9{,}96784_n$	$0{,}09614_n$	$9{,}86908_n$
» g	0,20284	$0{,}59268_n$	$1{,}07458_n$	$1{,}20514_n$	$0{,}97941_n$
» s	0,01923	$0{,}69481_n$	$1{,}16867_n$	$1{,}31411_n$	$1{,}09794_n$
» n_1	$0{,}56348_n$	1,14822	1,17260	$0{,}76864_n$	$1{,}22194_n$
» n_2	$0{,}62531_n$	1,20925	1,35295	0,83759	$0{,}79309_n$
» n_3	$1{,}11727_n$	1,19201	1,66464	1,76343	1,54382

Die n_1 beziehen sich auf die Vergleichung a), die n_2 auf die Vergleichung b). Die mit n_3 bezeichneten Differenzen werden später ihre Erklärung finden.

Die Auflösung der Bedingungsgleichungen, die durchweg gleiches Gewicht erhielten, gebe ich mit derselben Ausführlichkeit, wie es Encke und Asten in ihren Memoiren über den Encke'schen Cometen gethan haben. Die Bezeichnungen sind die gewöhnlichen.

Coefficienten zu den Endgleichungen.

	1871	1875	1878	1881	Summe
(*aa*)	+ 29,2975	+ 0,5854	+ 0,3043	+ 2,4036	+ 32,5908
(*ab*)	— 17,5870	— 0,1970	— 0,0899	+ 0,2167	— 12,6572
(*ac*)	+ 10,8671	— 0,0278	+ 0,0110	— 1,5067	+ 9,3436
(*ad*)	— 71,7405	— 1,6323	+ 1,1311	— 7,1577	— 79,3997
(*ae*)	+ 64,1184	+ 0,5977	+ 3,7748	+ 11,1612	+ 79,6521
(*af*)	— 6,9323	+ 0,0032	+ 0,5202	+ 2,8506	— 3,5583
(*ag*)	+ 37,4120	— 0,0010	+ 3,5837	+ 36,3829	+ 77,3776
(*bb*)	+ 38,0200	+ 1,1025	+ 1,0005	+ 9,0520	+ 49,1750
(*bc*)	— 24,9010	— 0,3084	+ 0,9241	— 6,6158	— 30,9010
(*bd*)	+ 51,0110	+ 0,5436	— 0,3552	— 0,1804	+ 51,0190

	1871	1875	1878	1881	Summe
(be)	— 64,2910	— 1,0835	— 0,9969	— 2,5076	— 68,8790
(bf)	+ 6,8330	— 0,0160	— 0,1376	— 0,6495	+ 6,0299
(bg)	— 36,2902	— 0,0120	— 0,9477	— 8,3823	— 45,6322
(cc)	+ 19,4449	+ 0,7712	+ 1,3309	+ 7,4357	+ 28,9827
(cd)	— 33,9908	+ 0,0772	— 0,0006	+ 4,2103	— 29,7039
(ce)	+ 40,2278	— 0,4533	+ 0,0895	— 4,3346	+ 35,5294
(cf)	— 4,2806	— 0,0074	+ 0,0125	— 1,0994	— 5,3749
(cg)	+ 22,7549	— 0,0059	+ 0,0867	— 13,9426	+ 8,8931
(dd)	+ 189,3710	+ 5,8221	+ 4,2248	+ 23,3975	+ 222,8154
(de)	— 221,1900	— 0,2054	+ 13,8974	— 37,9631	— 245,4611
(df)	+ 23,6113	+ 0,0202	+ 1,9153	— 9,6999	+ 15,8469
(dg)	— 126,0899	+ 0,0311	+ 13,1962	— 123,8788	— 236,7414
(ee)	+ 509,2890	+ 4,6801	+ 56,0533	+ 126,5183	+ 696,5407
(ef)	— 53,3784	+ 0,0772	+ 7,7147	+ 32,4768	— 13,1097
(eg)	+ 279,7444	+ 0,0651	+ 53,0775	+ 416,8356	+ 749,7226
(ff)	+ 5,5971	+ 0,0013	+ 1,0614	+ 8,3382	+ 14,9980
(fg)	— 29,3425	+ 0,0012	+ 7,3049	+ 107,0121	+ 84,9757
(an_1)	+ 128,107	— 2,683	— 7,141	— 56,338	+ 61,945
(bn_1)	— 159,272	— 5,460	— 0,046	— 26,543	— 191,321
(cn_1)	+ 97,716	+ 3,246	— 2,699	+ 48,121	+ 146,384
(dn_1)	— 528,404	+ 15,458	— 26,157	+ 176,201	— 362,902
(en_1)	+ 1483,667	+ 9,079	— 113,454	— 45,225	+ 1334,067
(fn_1)	— 154,981	+ 0,212	— 15,608	— 10,977	— 181,354
(gn_1)	+ 809,338	+ 0,219	— 107,338	— 132,742	+ 569,477
(an_2)	— 7,094	— 3,670	— 16,497	— 75,847	— 103,135
(bn_2)	— 40,080	— 1,980	+ 2,427	— 21,574	— 61,207
(cn_2)	+ 24,548	+ 4,313	— 3,004	+ 59,198	+ 85,055
(dn_2)	— 41,679	+ 18,651	— 60,352	+ 241,923	+ 158,543
(en_2)	+ 303,980	+ 2,889	— 261,017	— 328,080	— 282,228
(fn_2)	— 31,436	+ 0,123	— 35,909	— 83,659	— 150,881
(gn_2)	+ 162,395	+ 0,150	— 246,952	— 1066,453	— 1150,860
(an_3)	+ 80,360	+ 6,287	+ 1,367	— 154,281	— 66,267
(bn_3)	— 45,870	— 8,943	— 3,987	+ 47,964	— 10,836
(cn_3)	+ 34,006	— 1,274	— 5,968	+ 43,478	+ 70,242
(dn_3)	— 250,031	— 10,600	+ 4,874	+ 514,465	+ 258,708

	1871	1875	1878	1881	Summe
(en_3)	+ 437,689	+ 26,474	+ 38,061	— 1649,063	— 1146,839
(fn_3)	— 46,162	+ 0,395	+ 5,223	— 423,259	— 463,803
(gn_3)	+ 243,549	+ 0,313	+ 35,823	— 5431,140	— 5151,455
(as)	+ 45,430	— 0,673	+ 9,235	+ 44,351	+ 98,344
(bs)	— 47,199	+ 0,029	— 0,602	— 9,065	— 56,837
(cs)	+ 30,127	+ 0,046	+ 2,454	— 15,854	+ 16,773
(ds)	— 189,008	+ 4,656	+ 34,009	— 151,254	— 301,597
(es)	+ 554,515	+ 3,678	+ 133,615	+ 542,175	+ 1233,983
(fs)	— 57,886	+ 0,080	+ 18,393	+ 139,227	+ 99,815
(gs)	+ 302,065	+ 0,079	+ 126,566	+ 1787,400	+ 2216,110
(n_1s)	+ 1676,138	+ 20,076	— 272,444	— 47,492	+ 1376,303
(n_2s)	+ 370,630	+ 20,469	— 621,279	— 1274,562	— 1504,742
(n_3s)	+ 453,538	+ 12,650	+ 75,390	— 7051,830	— 6510,252
$(as)^*$	+ 45,435	— 0,673	+ 9,235	+ 44,351	+ 98,349
$(bs)^*$	— 47,205	+ 0,029	— 0,603	— 9,067	— 56,845
$(cs)^*$	+ 30,122	+ 0,046	+ 2,454	— 15,853	+ 16,769
$(ds)^*$	— 189,016	+ 4,656	+ 34,010	— 151,272	— 301,625
$(es)^*$	+ 554,520	+ 3,678	+ 133,610	+ 542,186	+ 1233,995
$(fs)^*$	— 57,892	+ 0,080	+ 18,392	+ 139,230	+ 99,808
$(gs)^*$	+ 302,073	+ 0,080	+ 126,564	+ 1787,500	+ 2216,207
$(n_1s)^*$	+ 1676,173	+ 20,070	— 272,443	— 47,503	+ 1376,297
$(n_2s)^*$	+ 370,634	+ 20,476	— 621,304	— 1274,519	— 1504,713
$(n_3s)_*$	+ 453,541	+ 12,652	+ 75,393	— 7051,834	— 6510,250

Ausser den Zahlen (as), (bs) etc., welche zur Controlle dienen, sind auch die unmittelbar genommenen Summen $(aa) + (ab) + \ldots + (ag)$ etc. hier angeführt; es sind diese letzteren mit $(as)^*$ etc. bezeichnet.

Zunächst wurde nun dasjenige System von Endgleichungen, welches die bekannten Glieder (an_1), (bn_1) etc. enthält, und demgemäss der Vergleichung a) entspricht, aufgelöst. Die resultirenden Werthe der Unbekannten sind folglich die Correctionen, welche an die Elemente IV, unter der Voraussetzung, dass μ sich einfach proportional der Zeit ändert, anzubringen sind. Zwei verschiedene Auflösungen ergaben übereinstimmend die folgenden Werthe:

		w. F.
$\Delta\pi =$	$-$ 10″,664	± 3″,776
$\frac{1}{10}\Delta\Omega =$	+ 0,287	± 1,343
$\Delta i =$	— 2,754	± 1,665
$\Delta\varphi =$	— 8,079	± 1,773
$\Delta M =$	+ 2,665	± 0,831
$10^4\,\Delta\mu =$	+ 46,484	± 6,070
$10^6\,\Delta\mu_1 =$	— 4,795	± 0,787

Diese Werthe genügen den Bedingungsgleichungen in folgender Weise:

M. B. Z.			Rechn.-Beob. Cos Decl. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1871	Oct.	14,5	— 4″,70	— 5″,83
	Nov.	5,5	+ 12,28	— 1,23
		15,0	+ 4,60	+ 6,51
		25,5	— 3,73	+ 7,68
	Dec.	5,0	— 5,55	— 0,02
1875	Febr.	27,0	+ 2,47	+ 6,95
	März	8,0	+ 3,03	+ 0,15
		26,0	+ 4,03	+ 0,28
	April	8,0	+ 1,19	— 9,13
1878	Aug.	12,5	+ 4,77	+ 1,30
		22,5	+ 0,60	+ 1,10
	Sept.	2,5	— 3,97	+ 6,63
1881	Aug.	29,5	— 17,94	— 5,88
	Sept.	24,5	— 6,48	+ 6,41
	Oct.	4,5	— 0,96	+ 5,28
		18,5	+ 13,03	— 8,11
	Nov.	8,5	+ 5,65	— 11,17

Hieraus ergiebt sich

$$(vv) = 1486″,6.$$

Anderseits ist

$$(nn \cdot 6) = 1487,2$$

was eine fast vollständige Uebereinstimmung darlegt. Als wahrscheinlicher Fehler eines Normalorts geht hieraus

$$\pm\ 5″,005$$

hervor.

Die definitiven Elemente ergeben sich nun nach Anbringung der erhaltenen Correctionen an das System IV.

Elemente IV_1.

Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. B. Z.

$M_0 = 309°37'24″,12 \quad \pm\ 0″,831$

$\varphi = 58\ \ 8\ 46,40 \quad \pm\ 1,773$

$$\begin{aligned}
\Omega &= 334\ 36\ 58{,}67 \quad \pm 13{,}340 \\
\pi &= 158\ 17\ 12{,}10 \quad \pm\ 3{,}776 \quad \text{M. Aequ. } 1875{,}0 \\
i &= 13\ \ 7\ 19{,}79 \quad \pm\ 1{,}665 \\
\mu &= 1079{,}338198 \quad \pm\ 0{,}0006070 \\
\mu' &= +\ 0{,}045982 \quad \pm\ 0{,}0009444 \\
\varphi' &= \\
M &= M_0 + \mu t + 27''{,}5892\ \tau^2
\end{aligned}$$

Obgleich die Coefficienten der Bedingungsgleichungen durch Veränderung der Elemente schon scharf controllirt sind, so habe ich noch ausserdem die Normalörter mit den Elementen IV_1 unmittelbar verglichen und bin hierbei zu dem folgenden Resultate gelangt.

M. B. Z.			Rechn.-Beob. Cos Decl. $\Delta\alpha$	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1871	Oct.	14,5	— 4″,75	— 5″,91
	Nov.	5,5	+ 12,10	— 1,56
		15,0	+ 4,43	+ 6,60
		25,5	— 3,89	+ 7,88
	Dec.	5,0	— 5,60	— 0,24
1874	Febr.	27,0	+ 2,60	+ 6,56
	März	8,0	+ 3,04	+ 0,08
		26,0	+ 4,17	+ 0,40
	April	8,0	+ 1,28	— 9,00
1878	Aug.	12,5	+ 4,77	+ 1,21
		22,5	+ 0,75	+ 1,20
	Sept.	2,5	— 3,95	+ 6,47
1881	Aug.	29,5	— 18,01	— 5,93
	Sept.	24,5	— 6,80	+ 6,60
	Oct.	4,5	— 0,83	+ 5,19
		14,5	+ 13,40	— 8,14
	Nov.	8,5	+ 5,71	— 10,86

Die Uebereinstimmung ist befriedigend.

Die Auflösung der Normalgleichungen, deren bekannte Glieder aus (an_2), (bn_2) etc. bestehen, führt ferner auf folgende Elementen-Correctionen:

		$\frac{1}{6}$ w. F.
$\Delta\pi$	= — 11″,673	± 3″,140
$\frac{1}{10}\Delta\Omega$	= + 0,665	± 1,116
Δi	= — 3,098	± 1,385
$\Delta\varphi$	= — 8,262	± 1,475

$$\Delta M = + 5{,}317 \quad \pm 0{,}691$$
$$10^4\,\Delta\mu = + 47{,}552 \quad \pm 5{,}047$$
$$10^6\,\Delta\mu_1 = - 4{,}989 \quad \pm 0{,}654$$

Die Darstellung der Normalörter wird nun:

M. B. Z.			Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔÆ	Δ Decl.
1871	Oct.	14,5	— 2″,06	— 4″,45
	Nov.	5,5	+ 9,12	— 0,52
		15,0	+ 0,98	+ 4,86
		25,5	— 3,59	+ 5,83
	Dec.	5,0	— 0,75	+ 0,34
1875	Febr.	27,0	+ 3,07	+ 6,71
	März	8,0	+ 3,62	+ 0,02
		26,0	+ 4,57	+ 0,10
	April	8,0	— 3,07	— 9,69
1878	Aug.	12,5	+ 2,99	+ 3,00
		22,5	+ 0,64	+ 1,19
	Sept.	2,5	— 3,38	+ 6,04
1881	Aug.	29,5	— 15,51	— 6,50
	Sept.	24,5	— 4,14	+ 4,81
	Oct.	4,5	— 0,43	+ 3,95
		18,5	+ 12,00	— 6,85
	Nov.	8,5	+ 3,16	— 6,98

$$(vv) = 1027{,}5$$
$$(nn \cdot 6) = 1041{,}8$$

und der wahrscheinliche Fehler eines Normalortes

$$\pm 4{,}161.$$

Mit Berücksichtigung dieser Elementencorrectionen giebt das System IV:

Elemente IV_2.

Epoche und Osculation 1874 October 27,0 M. B. Z.

$$M_0 = 309°37'26{,}77 \quad \pm 0{,}691$$
$$\varphi = 58\ 8\ 46{,}22 \quad \pm 1{,}475$$
$$\Omega = 334\ 37\ 2{,}45 \quad \pm 11{,}160$$
$$\pi = 158\ 17\ 11{,}09 \quad \pm 3{,}140 \quad \text{M. Aequ. 1875,0}$$
$$i = 13\ 7\ 19{,}44 \quad \pm 1{,}385$$

$$\mu = 1079''{,}338305 \quad \pm\ 0''{,}0005047$$
$$\mu' = +\ 0{,}045749 \quad \pm\ 0{,}0006540$$
$$\varphi' = -\ 1{,}61$$
$$M = M_0 + \mu t + 27''{,}4495\ \tau^2 - 3''{,}54\ \mathrm{Cos}\ 2u.$$

Die Einführung des Gliedes a_3 Cos $2u$ bewirkt also offenbar eine bessere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen, und zwar werden, wie vorauszusehen war, die Erscheinungen 1871 und 1881 besser dargestellt. In der That ist jetzt der wahrscheinliche Fehler eines Normalortes so geringfügig, dass man schon mit diesem Resultate sich zufrieden geben könnte, wenn nicht die übrig bleibenden Fehler bei der Erscheinung 1881 einen auffallenden systematischen Gang manifestirten.

Ich habe schon angedeutet, weshalb mir die Asten'schen Massenbestimmungen nicht unanfechtbar erscheinen. Da überdies die Jupiterstörungen während des letzten Umlaufes des Cometen nahezu ihr Maximum erreichten, so lag es nahe, die mit dem Asten'schen Werthe der Jupitersmasse ermittelten Störungen auf eine anderweitige Bestimmung dieser Masse zu reduciren. Es wurde zu diesem Zwecke der Bessel-Schur'sche Werth gewählt, der, meiner Meinung nach, alle anderen an Zuverlässigkeit übertrifft, und eine Tabelle für die Correctionen berechnet, welche an die Störungswerthe auf Seite 22 anzubringen sind, um sie auf die Bessel-Schur'sche Masse zu reduciren.

Tafel zur Reduction der Störungen auf $m(2) = \frac{1}{1047{,}568}$.

	ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
1874 Oct. 27,0 — 1871 Juli 15,0	+ 0″,74	+ 0″,000973	— 0″,06	+ 0″,10	— 0″,08	+ 0″,01
1874 » 27,0 — 1878 April 24,0	+ 1,10	+ 0,000119	— 0,19	— 0,04	— 0,02	— 0,09
1874 » 27,0 — 1881 Juli 2,0	— 12,79	— 0,014831	— 3,05	— 0,90	+ 0,87	— 1,68

Mit Berücksichtigung dieser Correctionen stellt das System IV_2 die Normalörter folgendermassen dar:

M. B. Z.	Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔA	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1871 Oct. 14,5	+ 0″,02	— 1″,77
Nov. 5,5	+ 5,45	+ 4,09
15,0	— 7,50	+ 7,12
25,5	— 15,11	+ 4,75
Dec. 5,0	— 12,22	— 2,31
1875 Febr. 27,0	+ 3,07	+ 6,71
März 8,0	+ 3,62	+ 0,02
26,0	+ 4,57	+ 0,10

	April	8,0	— 3″,07	— 9″,69
1878	Aug.	12,5	+ 6,96	+ 0,01
		22,5	+ 4,49	— 1,40
	Sept.	2,5	+ 0,11	+ 4,26
1881	Aug.	29,5	— 41,46	— 13,10
	Sept.	24,5	— 70,84	+ 15,56
	Oct.	4,5	— 77,15	+ 46,20
		18,5	— 33,65	+ 58,00
	Nov.	8,5	— 26,38	+ 34,98

Diese Abweichungen sind in der Zusammenstellung der Coefficienten der Bedingungsgleichungen mit n_3 bezeichnet. Die entsprechenden Endgleichungen ergeben sich aus der Tafel «Coefficienten zu den Gleichungen». Hiermit erhält man folgende Correctionen zu dem System IV_2:

$$\begin{aligned}
\Delta\pi &= + 1''{,}765 \quad \pm 2''{,}094 \\
\tfrac{1}{10}\Delta\Omega &= - 0{,}402 \quad \pm 0{,}745 \\
\Delta i &= + 0{,}562 \quad \pm 0{,}923 \\
\Delta\varphi &= + 1{,}647 \quad \pm 0{,}985 \\
\Delta M &= - 5{,}707 \quad \pm 0{,}461 \\
10^4\,\Delta\mu &= - 13{,}977 \quad \pm 3{,}365 \\
10^6\,\Delta\mu_1 &= + 6{,}8765 \quad \pm 0{,}437
\end{aligned}$$

Mit Rücksicht auf diese Correctionen geht das System IV_2 in das folgende über:

Elemente IV_3.

Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. B. Z.

$$\begin{aligned}
M_0 &= 309°37'21''{,}06 \quad \pm 0''{,}461 \\
\varphi &= 58\ 8\ 47{,}87 \quad \pm 0{,}984 \\
\Omega &= 334\ 36\ 58{,}43 \quad \pm 7{,}450 \\
\pi &= 158\ 17\ 12{,}86 \quad \pm 2{,}094 \quad \text{M. Aequ. 1875,0} \\
i &= 13\ 7\ 20{,}00 \quad \pm 0{,}923 \\
\mu &= 1079''{,}336907 \quad \pm 0{,}0003365 \\
\mu' &= + 0{,}054000 \quad \pm 0{,}0005244 \\
\varphi' &= - 1{,}90 \\
M &= M_0 + \mu t + 32''{,}4000\,\tau^2 - 4''{,}20\cos 2u.^1)
\end{aligned}$$

1) Die den Elementen beigefügten Werthe von φ' und a_2 sind aus den entsprechenden μ' abgeleitet. In den Rechnungen ist aber überall $\varphi' = -1''{,}8$ und $a_2 = -4''{,}04$ angewandt.

Darstellung der Normalörter.

M. B. Z.			Rechn.-Beob. Δ Æ	Δ Decl.
1871	Oct.	14,5	— 4″,02	— 3″,03
	Nov.	5,5	+ 7,05	— 0,60
		15,0	— 0,01	+ 4,32
		25,5	— 3,43	+ 5,31
	Dec.	5,0	— 0,14	— 0,29
1875	Febr.	27,0	+ 0,17	+ 5,54
	März	8,0	— 0,04	— 1,25
		26,0	— 0,65	+ 0,11
	April	8,0	+ 0,59	— 0,09
1878	Aug.	12,5	+ 3,44	+ 2,04
		22,5	+ 2,20	— 0,05
	Sept.	2,5	— 0,42	+ 4,57
1881	Aug.	29,5	— 10,25	— 5,75
	Sept.	24,5	— 1,76	+ 2,40
	Oct.	4,5	— 2,26	+ 1,68
		18,5	+ 6,79	— 5,29
	Nov.	8,5	— 0,07	— 4,43

$$(vv) = 457″,8$$

$$(nn \cdot 6) = 464,4.$$

Der wahrscheinliche Fehler eines Normalortes ist mithin:

$$\pm 2″,777.$$

Eine so scharfe Darstellung der Beobachtungen übersteigt bei dem Encke'schen Cometen jede Erwartung, und es ist namentlich bemerkenswerth, dass die Erscheinung nach dem Perihel (1878) ebenso gut dargestellt wird, wie diejenigen vor dem Perihel. Die relativ grosse Abweichung des Normalortes 1881 Aug. 25,5 dürfte ihre Erklärung darin finden, dass dieser Normalort nur auf vier Beobachtungen beruht, die gleich nach der Wiederauffindung des Cometen, zu einer Zeit, wo er noch äusserst schwach und verwaschen war, angestellt wurden.

Zusammenstellung der Elemente.

	System IV_1	System IV_2	System IV_3	
	Epoche und Osculation 1871 Juli 15,0 M. B. Z.			
M =	309°57′20″,67	309°57′23″,05	309°57′24″,71	
φ =	58 8 18,79	58 8 18,60	58 8 20,46	
Ω =	334 34 24,07	334 34 27,85	334 34 23,93	M. Aequ. 1871,0
π =	158 13 13,10	158 13 12,09	158 13 13,78	
i =	13 7 23,93	13 7 23,58	13 7 24,15	
μ =	1079″,786996	1079″,787336	1079″,778660	
	Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. B. Z.			
M =	309°37′24″,12	309°37′26″,77	309°37′21″,06	
φ =	58 8 46,40	58 8 46,22	58 8 47,87	
Ω =	334 36 58,67	334 37 2,45	334 36 58,43	M. Aequ. 1875,0
π =	158 17 12,10	158 17 11,09	158 17 12,86	
i =	13 7 19,79	13 7 19,44	13 7 20,00	
μ =	1079″,338198	1079″,338305	1079″,336907	
	Epoche und Osculation 1878 April 24,0 M. B. Z.			
M =	332° 3′ 7″,82	332° 3′10″,45	332° 3′ 9″,65	
φ =	58 7 10,10	58 7 9,91	58 7 11,07	
Ω =	334 39 12,59	334 39 16,37	334 39 12,31	M. Aequ. 1878,0
π =	158 19 39,80	158 19 29,79	158 19 31,54	
i =	13 6 36,82	13 6 36,47	13 6 36,94	
μ =	1079″,446075	1079″,445933	1079″,453421	
	Epoche und Osculation 1881 Juli 2,0 M. B. Z.			
M =	319°24′ 3″,12	319°24′ 5″,45	319°24′ 4″,01	
φ =	57 42 56,05	57 42 55,95	57 42 53,91	
Ω =	334 34 26,87	334 34 30,65	334 34 25,73	M. Aequ. 1881,0
π =	158 29 35,53	158 29 34,52	158 29 37,16	
i =	12 53 7,88	12 53 7,53	12 53 6,41	
μ =	1072″,048035	1072″,047677	1072″,048226	

Die Untersuchung über die Bewegung des Encke'schen Cometen während der Periode 1871—1881 ist hiermit vorläufig zu Ende geführt und es erübrigt nur noch einige Worte anlässlich der gewonnenen Resultate zu sagen.

Als das wichtigste Ergebniss muss gewiss der kleine Werth der Acceleration der mittleren Bewegung hervorgehoben werden, welcher im Laufe des letzten Decenniums nur etwa die Hälfte von demjenigen Werthe beträgt, welchen Asten aus der Verbindung der Erscheinungen 1819—1868 abgeleitet hatte. Die Unmöglichkeit, die Erscheinungen nach 1868

mit den früheren ohne Weiteres zu verbinden, erklärt sich also einfach durch diese Thatsache, und es ist somit kein Grund vorhanden, die von Asten aufgestellte Hypothese einer Störung durch einen kleinen Planeten weiter zu verfolgen. Wollte man nämlich an einem unveränderlichen μ' festhalten und mit Asten eine im Jahre 1869 erfolgte momentane Störung annehmen, so wäre man, um die Erscheinungen des Cometen 1878 und 1881 mit den vorhergehenden verbinden zu können, zu der weiteren Annahme gezwungen, es hätte sich diese Störung im Jahre 1877 wiederholt, was bei näherer Ueberlegung nicht angeht.

Der Umstand, dass es Asten gelungen ist, auch die Erscheinung im Jahre 1868 mit den vorhergehenden zu verbinden, könnte auf die Vermuthung führen, dass die Veränderung von μ' hauptsächlich während des Umlaufes 1868—1871 vor sich gegangen sei, wenn nicht die Verbindung der drei Erscheinungen 1865, 1868 und 1871 unter Berücksichtigung der von Asten gegebenen Störungswerthe den Werth $\mu' = 0$ geliefert hätte. Aber gerade die von Asten durch Ableitung des Elementensystems III* (Asten's Memoire pag. 4) erwiesene Möglichkeit, jene drei Erscheinungen auf alleiniger Grundlage des Newton'schen Gravitationsgesetzes zu vereinigen, setzt voraus, dass μ' sich schon vor der Erscheinung 1868 verändert hat. Dann fragt es sich aber, wie das aus allen 16 Erscheinungen 1819—1868 abgeleitete System XVI (Asten's Memoire pag. 98), zu welchem $\mu' = 0''{,}104418$ gehört, auch die Erscheinung 1868 darstellen kann. Bei näherer Betrachtung dieser Frage findet man leicht, dass Asten in der That die Erscheinung 1868 mit den früheren stillschweigend ohne Berücksichtigung eines widerstehenden Mittels verbunden hat. Die Elemente XVI sind nämlich für die Epoche 1865 Aug. 19,0 abgeleitet; zwischen dieser Epoche und der Erscheinung 1868 hat aber kein Periheldurchgang stattgefunden. Da nun, nach Asten's Annahme, die mittlere Bewegung sich nur im Augenblick des Periheldurchganges ändert, und zwar dann um die Grösse μ', so ist in Asten's Memoire die Erscheinung 1868 durch diese Elemente factisch ohne Berücksichtigung einer Acceleration der mittleren Bewegung dargestellt. Aber trotzdem dass das von Asten selbst abgeleitete System III* keine Acceleration der mittleren Bewegung ergiebt, scheint sich Asten der Täuschung hingegeben zu haben, als wäre die Erscheinung 1868 durch das System XVI mit Berücksichtigung eines widerstehenden Mittels dargestellt. Anders lässt es sich kaum erklären, warum er nach Störungen durch einen kleinen Planeten gerade im Jahre 1869 geforscht hat.

Die bisherigen Untersuchungen haben somit drei wesentlich verschiedene Werthe von μ' geliefert:

1 $\mu' = +\ 0''{,}104418$ aus den Erscheinungen 1819—1865 (Asten),
2 $\mu' = +\ 0{,}000000$ » » » 1865—1871 (Asten),
3 $\mu' = +\ 0{,}054000$ » » » 1871—1881 (Backlund).

Hiernach wäre also μ' bedeutenden Schwankungen unterworfen. Der zweite Werth ist aber beträchtlich fehlerhaft, indem die für den Umlauf 1865—1868 von Asten gegebenen

Störungswerthe, auf welchen der aus der Verbindung der Erscheinungen 1865—1871 hervorgegangene Werth $\mu' = 0$ beruht, nicht correct sind. Asten hat nämlich zur Berechnung der Coordinatenstörungen $n\delta z$, w_1 und $r\delta s$ ein von Powalky aufgestelltes Schema (Astr. Nachr. Bd. 60) angewandt und dabei zuvor allerdings die meisten Fehler dieses Schemas corrigirt, jedoch ein Paar Fehler, die Störungen zweiter Ordnung betreffend, übersehen, welche aber gerade bei dem Umlaufe 1865—1868 wegen der bedeutenden Annäherung des Cometen an Jupiter von erheblichem Einfluss sind. Die durch jenes Uebersehen erzeugten Fehler in den berechneten Jupiterstörungen betragen beiläufig + 18″ in M und + 0″,06 in μ. Damit giebt aber die Vereinigung der drei Erscheinungen 1865, 1868 und 1871 einen Werth von μ', der zwischen + 0″,06 und + 0″,1 liegt.

Bestimmter werde ich mich über diesen Punkt erst dann aussprechen können, wenn ich die Jupiterstörungen 1865—1868 von Neuem in aller Schärfe berechnet haben werde. Demnach stellen sich nun die Werthe von μ' wie folgt:

1	$\mu' =$	+ 0″,104418	aus den Erscheinungen	1819—1865
2	+ 0″,1 $> \mu' >$	+ 0″,06	» »	1865—1871
3	$\mu' =$	+ 0″,054000	» »	1871—1881

Diese Werthe zeigen also eine Abnahme der Grösse μ' während 1865—1871; eine nähere Bestimmung der Zeit für die Veränderung von μ' als dass sie sich zwischen den genannten Epochen vollzogen hat, lässt sich vorläufig nicht ausführen. Die vortreffliche Darstellung der Erscheinungen 1871—1881 durch das System IV_3 berechtigt zu der Annahme, dass μ' in dieser Zeit constant gewesen ist.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, dass es noch nicht an der Zeit ist, der Ursache, welche die hier nachgewiesene Veränderung in der Acceleration der mittleren Bewegung erzeugt hat, näher nachzuforschen. Diese Frage hängt aber offenbar auf's Innigste mit derjenigen zusammen, durch welche Kraft überhaupt die Umläufe des Cometen beschleunigt sind, und es steht wohl zu erwarten, dass gerade in diesen Veränderungen von μ' wichtige Anhaltspunkte gewonnen werden können, um die delicate Frage über die bisher als widerstehendes Mittel bezeichnete Kraft zu beleuchten. Jedenfalls dürfte schon jetzt die constatirte Veränderung zu der Folgerung auffordern, dass Dichtigkeit und Figur des Cometen bedeutenden Veränderungen unterworfen gewesen sein müssten, wenn die Encke'sche Hypothese über das widerstehende Mittel in der von ihm vorausgesetzten Form correct wäre. Die bisherigen Beobachtungen lassen aber nicht erkennen, dass die Gestalt, Helligkeit oder scheinbare Grösse des Cometen sich in merklicher Weise verändert hätten, wenn auch bei einzelnen Erscheinungen verschiedenartige Lichtprocesse in demselben wahrgenommen worden sind. Demnach sind wir vor der Hand nur zu dem Schluss berechtigt, dass das widerstehende Mittel, falls ein solches überhaupt die Ursache der unzweifelhaft bestehenden Acceleration wäre, nicht so einfacher Natur ist, wie es sich Encke und Asten gedacht haben.

ANHANG.

Ueber die Kraft (widerstehendes Mittel), welche die Umlaufszeit des Encke'schen Cometen verkürzt.

1. Die folgenden Entwickelungen beschränken wir auf den Fall, wo das Gesetz, nach welchem die Kraft auf die Bewegung des Cometen wirkt, in dem Ausdruck

$$-\varkappa^2 U \frac{V^m}{r^n}$$

enthalten ist. In diesem Ausdruck bedeuten:

$\varkappa$ die Gauss'sche Constante,
U eine sowohl von der Kraft (widerstehendem Mittel) wie von der Beschaffenheit des Cometen abhängige Constante,
V die Geschwindigkeit des Cometen,
r den Radius vector des Cometen und
m und n ganze Zahlen.

Da eine solche Kraft nur in der Bahnebene des Cometen wirkt, so kann sie bloss auf die mittlere Bewegung, die Excentricität und die Länge des Perihels Einfluss üben, wogegen die Länge des aufsteigenden Knotens und die Neigung von derselben unberührt bleiben. Zunächst sollen aber nur die Störungen in μ und φ untersucht werden, und für diesen Zweck gehen wir von den leicht abzuleitenden Formeln

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\mu}{dv} &= \frac{3U}{a\cos\varphi}\,\frac{V^{m+1}}{r^{n-2}} \\ \frac{d\varphi}{dv} &= -\,2\varkappa\sqrt{a}U\,\frac{\cos E}{r^{n-1}}\,V^{m-1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

aus, wo E die excentrische Anomalie und a die halbe grosse Achse bedeuten. Erinnern wir uns nun, dass die Geschwindigkeit V sich folgendermassen ausdrücken lässt:

$$V^2 = \frac{\varkappa^2}{p}(1 + 2e\cos v + e^2),$$

wo

$$p = a(1 - e^2)$$

ist, so ersieht man leicht, dass die Reihenentwickelungen, auf welche die obigen Formeln für ungerade m führen, in Folge der grossen Excentricität der Cometenbahn nur langsam convergiren. Theils weil dieser Umstand die numerischen Rechnungen erschwert, theils aus später anzuführenden Gründen, soll statt der wahren Anomalie v ein anderes Argument eingeführt werden, das grössere Convergenz bewirkt.

Schreiben wir den Ausdruck für V folgendermassen:

$$V^2 = \frac{\varkappa^2}{a}\,\frac{1+e}{1-e}\left\{1 - \frac{4e}{(1+e)^2}\sin^2\frac{1}{2}v\right\}$$

so bietet sich folgende Substitution von selbst dar:

$$\frac{1}{2}v = am\,\frac{2K}{\pi}u \qquad \mod k = \frac{2\sqrt{e}}{1+e}$$

Hiermit ergiebt sich nach Jacobi's Bezeichnungsweise, die im Folgenden durchgängig angewandt werden soll:

$$V^2 = \frac{\varkappa^2}{ak'}\left(\Delta\ am\,\frac{2K}{\pi}u\right)^2$$

wobei zu bemerken, dass der complementäre Modulus k' durch die Relation

$$k' = \frac{1-e}{1+e}$$

mit der Excentricität e verbunden ist. Führen wir nun diesen Ausdruck für V in die Gleichungen (1) ein und berücksichtigen, dass

$$dv = \frac{4K}{\pi}\Delta\ am\,\frac{2K}{\pi}u\,du$$

ist, so wird zunächst

$$\frac{d\mu}{du} = \frac{4K}{\pi}\,\frac{3\varkappa^{m+1}}{a\cos\varphi\,(ak')^{\frac{m+1}{2}}}\,\frac{U}{r^{n-2}}\,\Delta^{m+2}$$

$$\frac{d\varphi}{du} = -\frac{4K}{\pi}\,\frac{2\sqrt{a}\,\varkappa^m}{(ak')^{\frac{m-1}{2}}}\,U\,\frac{\cos E}{r^{n-1}}\,\Delta^m$$

wo der Kürze wegen Δ für $\Delta am\,\frac{2K}{\pi}u$ geschrieben ist.

Für die excentrische Anomalie ergiebt sich nach bekannten Sätzen

$$E = \frac{\pi}{2} - am\,\frac{2K_1}{\pi}\left(\frac{}{2} - 2u\right)$$

indem das vollständige elliptische Integral k_1 mit dem vollständigen elliptischen Integral K durch

$$K = (1 + k_1) K_1$$

verbunden und der verkleinerte Modul k_1 mit der Excentricität identisch ist. Bezeichnen wir nun weiter:

$$am \frac{2K_1}{\pi} 2u \text{ mit } w$$

$$\Delta am \frac{2K_1}{\pi} 2u \quad » \quad \Delta_1$$

$$\sqrt{1-k_1^2} \quad » \quad k'_1$$

so finden wir

$$\cos E = \frac{\cos w}{\Delta_1}.$$

Der Ausdruck für den Radius vector

$$r = a(1 - e \cos E)$$

geht somit in

$$r = a\left(1 - k_1 \frac{\cos w}{\Delta_1}\right)$$

über, oder einfacher:

$$r = a \frac{1-k_1}{\Delta \Delta_1}.$$

Mit Rücksicht auf diese Ausdrücke für $\cos E$ und r, sowie auf die Relation

$$\cos w = \frac{1}{1-k'}\left(\Delta - \frac{k'}{\Delta}\right)$$

finden wir dann schliesslich:

$$\frac{d\mu}{du} = F_{m,n} U \Delta^{m+n} \Delta_1^{n-2}$$

$$\frac{d\varphi}{du} = -\frac{2}{3} \frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')} F_{m,n} U (\Delta^{m+n} \Delta_1^{n-2} - k' \Delta^{m+n-2} \Delta_1^{n-2})$$

wo die Constante $F_{m,n}$ folgende Bedeutung hat:

$$F_{m,n} = \frac{4K}{\pi} \frac{3\mu \varkappa^m}{k' (ak')^{\frac{m-2}{2}} [a(1-k_1)]^{n-1}}$$

Bezeichnen μ_0 und φ_0 zwei Integrationsconstanten, welche durch die Bedingung, dass sie für $v = u = 0$ die mittlere Bewegung resp. Excentricitätswinkel darstellen, bestimmt werden müssen, so sind also die Ausdrücke für die Störungen $\delta\mu$ und $\delta\varphi$:

$$\left.\begin{aligned} \delta\mu &= \mu - \mu_0 = F_{m,n} U \int \Delta^{m+n} \Delta_1^{n-2} du \\ \delta\varphi &= \varphi - \varphi_0 = -\frac{2}{3} \frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')} F_{m,n} U \int (\Delta^{m+n} \Delta_1^{n-2} - k' \Delta^{m+n-2} \Delta_1^{n-2}) du \end{aligned}\right\} \ldots (2)$$

Nachdem daher $\Delta^{m+n}\Delta_1^{n-2}$ und $\Delta^{m+n-2}\Delta_1^{n-2}$ in Fourier'sche Reihen entwickelt sind, ergeben sich $\delta\mu$ und $\delta\varphi$ unmittelbar.

Wenn $\delta\mu$ schon bekannt ist, so findet sich hiernach $\delta\varphi$ aus der Gleichung:

$$\delta\varphi = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\delta\mu + \frac{2}{3}\frac{k'\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}F_{m,n}\,U\int\Delta^{m+n-2}\Delta_1^{n-2}\,du$$

Weiter ergiebt sich aus (2):

$$\frac{\delta\varphi}{\delta\mu} = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\left[1 - k'\frac{\int\Delta^{m+n-2}\Delta_1^{n-2}\,du}{\int\Delta^{m+n}\Delta_1^{n-2}\,du}\right]$$

Der letztere Ausdruck giebt uns sofort die Grenzen an, zwischen welchen das Verhältniss $\frac{\delta\varphi}{\delta\mu}$ eingeschlossen ist. Erwägt man nämlich, dass die Coefficienten in den Entwickelungen von Δ^{m+n} und $\frac{m}{m+n}\Delta^{m+n-2}$ sich denselben Grenzen für wachsende $m+n$ nähern und dass dasselbe folglich mit den Coefficienten in den Entwickelungen von $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m+n}$ und $\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^{m+n-2}$ stattfindet, so findet man

$$\lim_{m+n=+\infty}\frac{\delta\varphi}{\delta\mu} = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}(1-k') = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu} = -\frac{2}{3\mu}\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)$$

$$\lim_{m+n=-\infty}\frac{\delta\varphi}{\delta\mu} = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\left(1-\frac{1}{k'}\right) = +\frac{2}{3}\frac{1}{\mu\sqrt{k'}} = +\frac{2}{3\mu}\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)$$

Handelt es sich nur darum, das säkuläre Glied in $\delta\varphi$ aus dem durch Beobachtungen ermittelten säkulären Glied von $\delta\mu$ zu berechnen, so kann man sich offenbar einer der folgenden Formeln bedienen:

$$\delta\varphi = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\left\{\delta\mu - k'\pi\,F_{m,n}\,UA_0^{(m,n)}\right\}$$

oder

$$\delta\varphi = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\left\{1 - k'\frac{A_0^{(m,n)}}{B_0^{(m,n)}}\right\}\delta\mu$$

wo $A_0^{(m,n)}$ und $B_0^{(m,n)}$ die constanten Glieder der Entwickelungen von $\Delta^{m+n-2}\Delta_1^{n-2}$ und $\Delta^{m+n}\Delta_1^{n-2}$ bedeuten.

Es sollen nun die numerischen Ausdrücke in Bezug auf den Encke'schen Cometen unter der Annahme $m=2$ und $n=2$ abgeleitet werden. Diese Annahme ist mit der Encke'schen Hypothese identisch, nach welcher die störende Kraft proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung von der Sonne wirken soll. Zufolge dieser Specialisirung von m und n werden die Ausdrücke (2):

$$\delta\mu = F_{2,2}\, U \int \Delta^4\, du$$

$$\delta\varphi = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')} F_{2,2}\, U \int (\Delta^4 - k'\Delta^2\, du$$

Mit den folgenden Werthen der mittleren Bewegung und des Excentricitätswinkels:

$$\mu = 1073''{,}871812$$
$$\varphi = \quad 57°48'43''{,}22$$

findet man der Reihe nach:

$$\log k = 9{,}9984900$$
$$\text{» } k' = 8{,}9203569$$
$$\text{» } k_1 = 9{,}9275268$$
$$\text{» } k'_1 = 9{,}7264819$$
$$\text{» } \frac{2K}{\pi} = 0{,}3924044$$
$$\text{» } q = 9{,}4462868$$

Hiermit hat man dann die Coefficienten in den bekannten Entwickelungen von Δ^2 und Δ^4 zu berechnen. Weiter ist:

$$\log F_{2,2} = 2{,}2196170 \text{ in Secunden}$$
$$\text{» } \frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')} F_{2,2} = 3{,}8249233 \text{ » } \quad \text{»}$$

Bezeichnet a_0 das constante Glied der Entwickelung von Δ^4, so findet sich U aus der Gleichung:

$$a_0 \pi F_{2,2}\, U = \mu',$$

wo μ' denjenigen Werth von $\delta\mu$ bedeutet, um welchen μ nach einem vollen Umlauf des Cometen zugenommen hat. Mit dem von Asten aus den Beobachtungen gefundenen Werth

$$\mu' = +\, 0''{,}1044184$$

wird dann

$$\log U = 7{,}0643361 - 10$$

Nach diesen vorbereitenden Rechnungen findet man:

$$\begin{aligned}
\delta\mu = 0''{,}1044184\, u &+ 0''{,}02987 \sin 2u \\
&+ 0{,}01100 \sin 4u \\
&+ 0{,}00456 \sin 6u \\
&+ 0{,}00186 \sin 8u \\
&+ 0{,}00073 \sin 10u \\
&+ 0{,}00028 \sin 12u \\
&+ 0{,}00010 \sin 14u \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta\varphi = &- 3''{,}6793\,u - 1''{,}076 \sin 2u\\ &- 0{,}410 \sin 4u\\ &- 0{,}175 \sin 6u\\ &- 0{,}072 \sin 8u\\ &- 0{,}029 \sin 10u\\ &- 0{,}011 \sin 12u\\ &- 0{,}004 \sin 14u\\ &\ldots\ldots\ldots\end{aligned}$$

Für dieselben Werthe von m und n wollen wir auch die Störung der Perihellänge ableiten.

Es ist

$$\frac{d(\pi)}{dv} = -\frac{2\varkappa}{\sqrt{ae\cos\varphi}}\,U\,V\sin v$$

wo die Perihellänge mit (π) bezeichnet ist, um eine Verwechselung mit π, dem Verhältniss des Kreisumfanges zum Durchmesser, zu vermeiden. Nach Einführung von u als unabhängige Variabele findet man hieraus:

$$\frac{d(\pi)}{du} = -\frac{4K}{\pi}\,\frac{2\varkappa^2}{ak_1(1-k_1)}\,U\,\Delta^3\sin v$$

und mit Rücksicht auf

$$\Delta^3\sin v = -\frac{\pi}{2K}\cdot\frac{2}{3k^2}\,\frac{d\Delta^3}{du}$$

ergiebt sich dann:

$$\frac{d(\pi)}{du} = \frac{8\,a^2\mu^2}{3\,k^2k_1\,(1-k_1)}\,U\,\frac{d\Delta^3}{du},$$

woraus wir den folgenden Ausdruck für die Störung in der Perihellänge erhalten:

$$\delta(\pi) = \frac{8\,a^2\mu^2}{3\,k^2k_1\,(1-k_1)}\,U\left[\Delta^3 - (1+k'^2)\,\frac{\pi}{4K}\right]$$

Auf Grundlage der angeführten Werthe der Constanten finden wir dann:

$$\begin{aligned}\delta(\pi) = &+ 0''{,}230\cos 2u\\ &+ 0{,}151\cos 4u\\ &+ 0{,}081\cos 6u\\ &+ 0{,}037\cos 8u\\ &+ 0{,}016\cos 10u\\ &+ 0{,}006\cos 12u\\ &+ 0{,}002\cos 14u\end{aligned}$$

Demnach sind die Störungen in der Perihellänge periodischer Natur und ihres geringfügigen Betrages wegen zu vernachlässigen.

Es erübrigt noch die aus den Störungen in μ resultirenden Störungen der mittleren Anomalie zu ermitteln, und dies ist für die praktische Anwendung das Wichtigste.

Die Störung δM in der mittleren Anomalie lässt sich offenbar durch die Formel

$$\delta M = \int \delta\mu \cdot dt$$

darstellen. Um das Integral rechter Hand zu ermitteln, wollen wir zunächst den Ausdruck für $\mu \frac{dt}{du}$ aufsuchen. Nach der schon angeführten Relation zwischen E und u ergiebt sich

$$dE = \frac{4K_1}{\pi} \frac{k'_1}{\Delta} du.$$

Die bekannte Gleichung

$$\mu \frac{dt}{dE} = 1 - e \cos E$$

wird daher nach Einführung von u:

$$\mu \frac{dt}{du} = \frac{4K_1}{\pi} \left\{ \frac{k'_1}{\Delta_1} - k_1 k_1' \frac{\cos w}{\Delta_1} \right\}.$$

Für $\frac{k'_1}{\Delta_1}$ und $k_1 k_1' \frac{\cos w}{\Delta_1}$ findet man ohne Schwierigkeit folgende Entwickelungen:

$$\frac{k'_1}{\Delta_1} = \frac{\pi}{2K_1} \left\{ 1 - \frac{4q^2}{1+q^4} \cos 4u + \frac{4q^4}{1+q^8} \cos 8u - \ldots . \right\}$$

$$k_1 k_1' \frac{\cos w}{{\Delta_1}^2} = \left(\frac{\pi}{K_1} \right)^2 \left\{ \frac{q}{1+q^2} \cos 2u - \frac{3q^3}{1+q^6} \cos 4u + \frac{5q^5}{1+q^8} \cos 6u - \ldots . \right\}$$

Hiernach ergiebt sich:

$$\begin{aligned} \mu \frac{dt}{du} = 0{,}3010300 &+ 0{,}190623_n \cos 2u \\ &+ 9{,}793024_n \cos 4u \\ &+ 9{,}592763 \cos 6u \\ &+ 8{,}68822 \cos 8u \\ &+ 8{,}70739_n \cos 10u \\ &+ 7{,}5808_n \cos 12u \\ &+ 7{,}7461 \cos 14u \\ &+ 6{,}473 \cos 16u \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

wo die Coefficienten logarithmisch angesetzt sind.

Hieraus erhält man unmittelbar durch Integration die Reihe für μt. Mit Hilfe der Reihen von $\mu \frac{dt}{du}$ und μt, sowie derjenigen von $\delta\mu$ kann man $\delta\mu dt$ auf die Form

$$\delta\mu dt = \alpha n t dt + (\beta_2 \sin 2u + \beta_4 \sin 4u + \ldots) du$$

bringen. Nach Ausführung der erforderlichen numerischen Operationen ergiebt sich

$$\left.\begin{aligned}\delta M = 63''{,}00257\, M^2 - 8''{,}15 \cos 2u + 0''{,}85 \cos 4u + 0''{,}61 \cos 6u - \\ - 0''{,}13 \cos 8u - 0''{,}05 \cos 10u \ldots\end{aligned}\right\} \ldots (3)$$

wo M in Einheiten von 2π auszudrücken ist.

Will man diese Reihe auf eine andere Constante U_1 reduciren, so hat man dieselbe offenbar nur mit dem Verhältniss $\frac{U_1}{U}$ zu multipliciren.

2. Wir haben aus dem beobachteten Werth μ' den Werth $\varphi' = -3''{,}6793$ abgeleitet (mit φ' bezeichnen wir nämlich den Coefficienten von u im Ausdrucke für $\delta\varphi$); anderseits hat Asten aus den Beobachtungen unabhängig von irgend einer Annahme über μ' den Werth $\varphi' = -3{,}6796 \pm 0''{,}1501$ erhalten. Diese fast vollständige Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung ist jedoch in Anbetracht des wahrscheinlichen Fehlers von $\delta\varphi$ als eine blos zufällige zu betrachten. Es ist nun von Interesse, zu untersuchen, ob andere Hypothesen über m und n das beobachtete Verhältniss $\frac{\varphi'}{\mu'}$ innerhalb der Grenzen des wahrscheinlichen Fehlers befriedigen. Zu dem Zwecke berechnen wir φ' mittelst der Formel

$$\varphi' = -\frac{2}{3}\frac{\sqrt{k'}}{\mu(1-k')}\left\{1 - k'\frac{A_0^{(m,n)}}{B_0^{(m,n)}}\right\}\mu'$$

unter Annahme des von Asten bestimmten Werthes von μ' und indem wir m und n verschiedene Werthe ertheilen. Die folgende Zusammenstellung enthält die Resultate dieser Rechnung:

$\delta\varphi$	m	n	
$-3''{,}68$	2	2	(Encke's Hypothese.)
$-3{,}74$	2	3	
$-3{,}79$	2	4	
$-3{,}82$	2	5	
.....	..	..	
$-3{,}86$	2	$+\infty$	
$-3{,}12$	1	1	
$-3{,}67$	1	2	
$-3{,}73$	1	3	
.....	..	..	
$-3{,}86$	1	$+\infty$	
$-2{,}87$	0	2	
$-3{,}59$	0	3	
.....	..	..	
$-3{,}86$	0	$+\infty$	

Als Grenzwerthe findet man:

$$\varphi' = + 46''{,}34 \text{ für } \lim (m + n) = -\infty$$
$$\varphi = - 3{,}86 \quad » \quad » \quad (m + n) = +\infty$$

Bedenken wir nun, dass der aus den Beobachtungen abgeleitete Werth von φ' auf $0''{,}15$ unsicher ist, so zeigt diese Zusammenstellung, dass es von $m = 0$, $n = 3$ oder $m = 1$, $n = 2$ an bis $m = +\infty$, $n = +\infty$ fast gleichgültig ist, welche von allen Hypothesen über m und n zwischen diesen beiden Grenzen angenommen wird. Ueberhaupt darf man aus den Beobachtungen nur schliessen, dass $m + n > 2$ sein muss.

3. Indem folglich m und n willkürlich innerhalb gewissen Grenzen angenommen werden können, so ist nunmehr kein Grund vorhanden, der Encke'schen Hypothese den Vorzug zu geben; vielmehr muss diejenige Combination von m und n gewählt werden, welche auf die einfachsten Rechnungsvorschriften führt. Aus der obigen Zusammenstellung ersehen wir, dass $m = 1$ und $n = 2$ fast auf dasselbe Verhältniss $\frac{\varphi'}{\mu'}$ führt, wie die Encke'sche Hypothese; aus jener Annahme gehen aber einfachere Entwickelungsmethoden hervor. Die Gleichungen (1) werden nämlich für den Fall $m = 1$, $n = 2$:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\mu}{dv} &= \frac{3U}{a \cos \varphi} V^2 \\ \frac{d\varphi}{dv} &= - 2\varkappa \sqrt{a}\, U \frac{\cos E}{r} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\alpha)$$

Da nun

$$V^2 = \frac{\varkappa^2}{p} (1 + 2e \cos v + e^2)^2$$

und

$$\frac{\cos E}{r} = \frac{e}{p} + \frac{1}{p} \cos v$$

so ergiebt sich

$$\delta\mu = \mu' v + a_1 \sin v + a_2 \sin 2v$$
$$\delta\varphi = \varphi' v + b \sin v$$

Bemerkt man weiter, dass

$$dt = \frac{r^2}{k\sqrt{p}}\, dv = (e_0 + e_1 \cos v + e_2 \cos 2v + e_3 \cos 3v + \ldots .)\, dv$$

ist, so findet man ohne Schwierigkeit die Coefficienten des folgenden Ausdrucks:

$$\delta M = \int \delta\mu dt = AM^2 + A_1 \cos v + A_2 \cos 2v + \ldots .$$

Dieser Weg ist, theoretisch genommen, gewiss der einfachste, aber da es sich zugleich darum handelt, den periodischen Theil von δM möglichst convergent zu erhalten, so ist folgende Methode vorzuziehen.

Setzen wir

$$v = 2am\,\frac{2K}{\pi}u \qquad \text{Mod. } k = \sqrt{\frac{2e}{1+e}}$$

so wird

$$V^2 = \frac{\varkappa^2}{a}\cdot\frac{2}{1-e}\left\{\Delta^2 - \frac{1-e}{2}\right\}$$

und

$$\frac{\cos E}{r} = \frac{1}{ae\,(1-e)}\left\{\Delta^2 - (1-e)\right\}$$

Damit werden die Gleichungen (α)

$$\frac{d\mu}{du} = \frac{4K}{\pi}\cdot\frac{\varkappa^2}{a^2}\cdot\frac{2}{1-e}\cdot\frac{3}{\cos\varphi}\,U\left\{\Delta^3 - \frac{1-e}{2}\Delta\right\}$$

$$\frac{d\varphi}{du} = -\frac{4K}{\pi}\,\frac{2\varkappa}{\sqrt{a\,e(1-e)}}\,U\left\{\Delta^3 - (1-e)\Delta\right\}$$

Beachten wir noch, dass

$$dt = \frac{4K}{\pi}\,\frac{1+e}{\mu}\left(\frac{k'}{\Delta}\right)^3 du$$

ist, so sind die Mittel gegeben, um

$$dM = \alpha_0 M^2 + \alpha_2 \cos 2u + \alpha_4 \cos 4u + \ldots \qquad (4)$$

abzuleiten. Die letztere Entwickelung muss noch convergenter sein, als die Entwickelung (3), da der Modul erheblich kleiner ist. In der Entwickelung (3) ist derselbe

$$k = \frac{2\sqrt{e}}{1+e} = 0{,}9965291$$

während er in der Entwickelung (4) auf

$$k = \sqrt{\frac{2e}{1+e}} = 0{,}9167552$$

herabgedrückt ist.

Sind die Coefficienten der periodischen Glieder von δM aus den Beobachtungen zu bestimmen, so ist es sehr wichtig, dass man gerade ein solches Argument wählt, welches den periodischen Ausdruck auf einziges Glied reducirt, indem die übrigen der raschen Convergenz zufolge vernachlässigt werden können. Dieses ist immer der Fall mit der Entwickelung (4), aber auch bei der Entwickelung (3) braucht das Glied in $4u$ sehr selten berücksichtigt zu werden.

Es wäre noch zu zeigen, wie man die Störungen höherer Ordnung zu ermitteln hat, aber da dies vorkommenden Falls sich aus dem Vorhergehenden von selbst ergiebt, so dürfte es überflüssig sein, diesen Gegenstand hier weiter zu verfolgen.

4. Wenn man mit Asten annimmt, dass die mittlere Bewegung und der Excentricitätswinkel plötzlich, und zwar im Augenblicke des Periheldurchganges den Zuwachs μ' resp. φ' erhalten, so kann das folgenderweise mathematisch ausgedrückt werden:

$$\mu = \mu_0 + s\mu'$$
$$\varphi = \varphi^0 + s\mu'$$

wo s die Anzahl Periheldurchgänge bedeutet. Bezeichnen nun T_1, T_2, $T_3 \ldots T_s$ die Zeiten der Periheldurchgänge, so wird der Ausdruck für die mittlere Anomalie

$$M_s = M_0 + \mu_0 (t_s - t_0) + \mu' (T_2 - T_1) + 2\cdot\mu' (T_3 - T_2) + \ldots + (s-1)\,\mu' (T_s - T_{s-1}) + s\mu' (t_s - T_s)$$

Es sei τ ein Mittelwerth der Umlaufszeiten und

$$t_s - t_0 = s\tau,$$

so erhalten wir folgende Formel:

$$M_s = M_0 + s\tau\cdot\mu_0 + \frac{s^2\tau}{2}\,\mu' + s\tau\left(\frac{1}{2} - \sigma\right)\mu',$$

wo

$$\sigma = \frac{T_{s+1} - t_s}{\tau}$$

ein echter Bruch ist. Schreiben wir diese Formel folgenderweise:

$$M_s = M_0 + s\tau\left[\left(\frac{1}{2} - \sigma\right)\mu' + \mu_0\right] + \frac{s^2\tau}{2}\,\mu'$$

so sieht man, wie auf Seite 19 bemerkt wurde, dass die mittlere Bewegung unter der Annahme von Asten's Hypothese sich um eine constante Grösse von derjenigen mittleren Bewegung unterscheidet, welche man unter der Annahme erhält, dass das widerstehende Mittel dem Gesetze $-\varkappa^2 U \frac{V^m}{r^n}$ gemäss wirkt[1]).

Corrigenda zu Powalky's Schema (Astr. Nachr. Bd. 60 № 1438).

Von den in diesem Schema enthaltenen Fehlern sollen hier nur diejenigen hervorgehoben werden, welche Asten übersehen hat. Zum Verständniss des Folgenden wird vorausgesetzt, dass der Leser den genannten Aufsatz zur Hand hat.

---

1) Von Abhandlungen, in welchen Störungen durch ein widerstehendes Mittel behandelt werden, erwähne ich die folgenden:

Hansen: «Commentatio de Corporum Coelestium». Astr. Nachr. Bd. 11 und 12.

Bredichin: «Возмущенія кометъ независящія отъ планетныхъ притяженій». Москва 1864.

Oppolzer: «Einige Bemerkungen über die anomalen Bewegungserscheinungen einiger Kometen und über das Widerstand leistende Medium». Astr. Nachr. Bd. 97 № 2319.

Rebeur-Paschwitz: «Ueber die Bewegung der Kometen im widerstehenden Mittel mit besonderer Berücksichtigung der sonnennahen Kometen». Berlin 1823.

In den Formeln

$$\text{tang}\,\{l' - (\Omega' + \psi)\}\cos J - \frac{u}{r'\cos i}\,\frac{\text{tang}\,J}{\cos\{l' - (\Omega' + \psi)\}} = \text{tang}\,L'$$

$$\sin\{l' - (\Omega' + \psi)\}\sin J + \frac{u}{r'\cos i} = \sin B'$$

sind die zweiten Glieder linker Hand unrichtig.

Der Beweis dafür ist so einfacher Natur, dass es überflüssig sein dürfte, denselben anzuführen. Von grösserer Bedeutung ist der Fehler in der Differentialgleichung für w_1. Powalky schreibt sie folgenderweise:

$$D^2 w_1 = G + \frac{(8)}{r^3} w_1\, 10^{-\frac{1}{2}w_1} + (Dw_1)^2$$

und Asten hat dieselbe zu

$$D^2 w_1 = G + \frac{(8)}{r^3} w_1\, 10^{-\frac{1}{2}w_1} - (Dw_1)^2$$

verändert. Sie muss aber heissen:

$$D^2 w_1 = G + \frac{(8)}{r^3} w_1\, 10^{-\frac{1}{2}w_1} - \frac{(Dw_1)^2}{M}.$$

BERICHTIGUNGEN.

Seite 1 Zeile 7 von unten, statt: mit blosser etc., lies: mit den früheren mit blossen etc.
» 1 » 6 » » » 1872 » 1878
Auf den Seiten 21 und 22 soll überall, wo es October 24,0 steht, October 27,0 gelesen werden.
Auf der Seite 22 muss es heissen $T_0 - T_{-1}$, $T_1 - T_0$ und $T_2 - T_0$ statt $T_0 - T_1$, $T_0 - T_1$, und $T_0 - T_2$.
Auf derselben Seite ist die Störung $\Delta\pi$ zu $+ 14'59''{,}29$ angesetzt; soll sein $+ 7'22''{,}09$.
Seite 31 Zeile 7 von oben: φ' hat den Werth $- 1''{,}61$.

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor, angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.

№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 1 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. I^e^ Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. II^e^ Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lowisa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten, Stockholm und Helsingfors ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung eines wichtigen Theiles der absoluten Jupitersstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.
№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXIII, № 3. **Nyrén, M.** Das Aequinoctium für 1865,0, abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 – 1870 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.
T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
T. XXVII, № 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXVIII, № 6. **Backlund, O.** Zur Theorie des Encke'schen Cometen. 1881. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.
T. XXX, № 4. **Lindemann, Ed.** Zur Beurtheilung der Veränderlichkeit rother Sterne. 1882. Pf. 15 K. = 50 Pf.
№ 8. **Struve, Hermann.** Ueber den Einfluss der Diffraction an Fernröhren auf Lichtscheiben. 1882. Pr. 90 K. = 3 Mk.
T. XXXI, № 2. **Struve, Ludwig.** Resultate aus den in Pulkowa angestellten Vergleichungen von Procyon mit benachbarten Sternen. 1883. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 4. **Lindstedt, And.** Beitrag zur Integration der Differentialgleichungen der Störungstheorie. 1883. Pr. 20 K. = 70 Pf.
№ 9. **Nyrén, M.** L'aberration des étoiles fixes. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.
№ 15. **Wittram, Theod.** Allgemeine Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen für den Bahntheil zwischen 152°21′7″,62 und 170° wahrer Anomalie. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Mars, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 4.

ZUR

ENTWICKELUNG DER STÖRUNGSFUNCTION

VON

O. Backlund.

(*Lu le 31 janvier 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mark.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 4.

ZUR

ENTWICKELUNG DER STÖRUNGSFUNCTION

VON

O. Backlund.

(*Lu le 31 janvier 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mark.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mai, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In einem Aufsatze betitelt: «Zur Entwickelung der negativen ungeraden Potenzen der Quadratwurzel der Function $(1-2\eta U+\eta^2)$» (Mélanges Mathématiques et Astronomiques, Tome V) habe ich eine Entwickelungsmethode gegeben, die, nach einigen Modificationen sich zur Lösung noch weit allgemeinerer Aufgaben eignet, als derjenigen, welche ich damals besonders im Auge hatte. Wählt man nämlich für die Entwicklung von $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$ dieselbe Form, welche Hr. Tisserand in seinem eleganten «Mémoire sur le développement de la fonction perturbatrice etc.» (Annales de l'observatoire de Paris, Tome XV) für die Entwickelung von $\frac{1}{\Delta}$ zu Grunde gelegt hat:

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = 4\sum\sum P_{i,j}^{(s)} \cos ix \cos jy,$$

so lassen sich die Coefficienten $P^{(s)}$ in überraschend einfacher Weise durch Functionen ausdrücken, welche den in meinem Aufsatze gegebenen E-Functionen analog sind. Die angeführte Form von $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$ erweist sich als zweckmässig, wenn man die Störungsfunction in trigonometrische Reihen, mit der Zeit als Argument, entwickeln will. Man hat dazu nur ein System von E-Coefficienten und deren Differentialquotienten zu berechnen, während man bekanntlich, bei der Entwickelung der Störungsfunction nach den Potenzen der Neigung, mehrere Systeme der sogenannten Laplace'schen Transcendenten nebst ihren resp. Differentialquotienten zu ermitteln hat.

Es lassen sich aber auch auf Grundlage derselben Methode die Ausdrücke für die Störungsfunction und deren Differentialquotienten, welche Hansen im zweiten Theile seiner Abhandlung: «Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode etc.» pag. 32 gegeben hat, in leichter und strenger Weise herleiten. In diesem Falle treten vorzugsweise die theoretischen Vortheile der Methode hervor. Da nämlich jene Formeln von Hansen auf den weitläufigen Untersuchungen in seiner Abhandlung: «Entwickelung der negativen und unge-

raden Potenzen etc.» beruhen, so scheint mir eine einfachere Ableitung derselben nicht überflüssig zu sein.

Selbst in dem Falle, wo man, wie Hansen in dem ersten Theile seiner «Auseinandersetzung etc.», die Entwickelung nach dem einen Argumente mit Hülfe mechanischer Quadratur, nach dem anderen aber analytisch ausführt, scheint mir die im Folgenden auseinandergesetzte Methode Vortheile zu gewähren.

I. Entwickelung von $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$.

Bezeichnen r und r' die Radien vectoren des gestörten resp. des störenden Planeten, U den zwischenliegenden Winkel und Δ die gegenseitige Entfernung der beiden Planeten, so ist

$$\Delta^2 = r^2 - 2rr'U + r'^2.$$

Indem wir nun $r' > r$ annehmen und $\frac{r}{r'} = \theta$ setzen, können wir diesen Ausdruck folgendermaassen schreiben:

$$\left(\frac{\Delta}{r'}\right)^2 = 1 - 2\theta U + \theta^2$$

und

$$(1 - 2\theta U + \theta^2)^{-\frac{s}{2}}$$

nach den steigenden Potenzen von θ entwickeln. Es sei diese Entwickelung

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = \sum_0^\infty \theta^n P_n^{(s)}(U). \tag{1}$$

s bedeute eine ganze Zahl. Für $s = 1$ sind die $P_n^{(1)}$ Kugelfunctionen in gewöhnlicher Bedeutung; man nennt sie dann auch Kugelfunctionen erster Ordnung, und demgemäss die $P_n^{(s)}$ Kugelfunctionen höherer Ordnung, wenn s von Eins verschieden ist.

Für $P_n^{(s)}$ hat man den bekannten Ausdruck

$$P_n^{(s)} = \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2\cdots\frac{s}{2}+n-1}{1.2.3\ldots n}\left\{2^n U^n - \frac{n(n-1)}{1.\left(\frac{s}{2}+n-1\right)}2^{n-2}U^{n-2} + \right. \tag{2}$$

$$\left. + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1.2.\left(\frac{s}{2}+n-1\right)\left(\frac{s}{2}+n-2\right)}2^{n-4}U^{n-4} - \ldots\right\}$$

In der Störungstheorie kommen nur die Werthe

$$s = 1, \quad 3, \quad 5 \ldots$$

vor, im Folgenden wollen wir uns daher unter s eine positive ungerade Zahl denken.

Nachdem im gegebenen Falle die Entwickelung (1), der Aufgabe gemäss, hinreichend weit getrieben ist, kann man die erhaltene Reihe, die nach Potenzen von θ geordnet erscheint, als eine ganze Function von θ betrachten, deren einzelne Glieder beliebig umgestellt werden können. Hierbei steht allerdings nicht zu erwarten, dass eine neue Anordnung der Glieder das Gepräge einer convergenten Reihe tragen wird.

Wir wollen nun mit Hülfe des Ausdruckes (2) die Entwickelung (1) so umformen, dass sie nach den Potenzen von U geordnet erscheint. Man ersieht dann zunächst ohne Schwierigkeit, dass der neue Ausdruck eben so viele Glieder in U enthalten wird wie die Entwickelung (1) Glieder in θ enthält. Es möge angenommen werden, dass $p + 1$ Glieder ausreichen, um die Function $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$ mit der gewünschten Genauigkeit darzustellen. Wir schreiben dann (1) folgendermaassen

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = P_0^{(s)} + P_1^{(s)}\theta + P_2^{(s)}\theta^2 + \ldots + P_p^{(s)}\theta^p.$$

Führen wir hier nach (2) die Ausdrücke von $P_0^{(s)}$, $P_1^{(s)}$ etc. ein, ziehen die Glieder gleicher Potenzen von U zusammen und ordnen das Resultat nach den steigenden Potenzen von U, so ergiebt sich

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = 1 - \frac{s}{2}\theta^2 + \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1}{1.2}\theta^4 - \ldots$$

$$+\frac{2\theta}{1}\left\{\frac{s}{2} - \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1}{1}\theta^2 + \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2}{1.2}\theta^4 - \ldots\right\}U$$

$$+\frac{2^2\theta^2}{1.2}\left\{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1 - \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2}{1}\theta^2 + \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2\cdot\frac{s}{2}+3}{1.2}\theta^4 - \ldots\right\}U^2$$

$$+\frac{2^3\theta^3}{1.2.3}\left\{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2 - \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2\cdot\frac{s}{2}+3}{1}\theta^2 + \frac{\frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1\cdot\frac{s}{2}+2\cdot\frac{s}{2}+3\cdot\frac{s}{2}+4}{1.2}\theta^4 - \ldots\right\}U^3$$

. . . . . .

was wir kürzer so schreiben wollen:

$$\text{(3)} \qquad \left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = E_0^{(s)} + \frac{2}{1}E_1^{(s)}U + \frac{2^2}{1.2}E_2^{(s)}U^2 + \frac{2^3}{1.2.3}E_3^{(s)}U^3 + \ldots$$

Diese Entwickelung soll den ferneren Untersuchungen zu Grunde gelegt werden. Ehe wir aber weiter gehen, wollen wir die Functionen E etwas näher betrachten.

II. Untersuchungen über die Functionen E.

Vor allen Dingen ist festzuhalten dass die E nach den gemachten Voraussetzungen als endliche Ausdrücke anzusehen sind. Wir dürfen daher bei numerischen Rechnungen $E_n^{(s)}$ mit

$$\theta^n \cdot \frac{s}{2} \cdot \frac{s}{2}+1 \ldots \frac{s}{2}+n-1\,(1+\theta^2)^{-\left(\frac{s}{2}+n\right)}$$

nur für $n = 0$ identificiren. Es sind also die E rationale ganze Functionen von θ und zwar von dem Grade p oder $p-1$. Wenn p eine gerade Zahl ist, so sind

$$E_0^{(s)},\quad E_2^{(s)},\quad E_4^{(s)}\quad \text{etc.}$$

vom Grade p, und

$$E_1^{(s)},\quad E_3^{(s)},\quad E_5^{(s)}\quad \text{etc.}$$

vom Grade $p-1$. Wenn dagegen p eine ungerade Zahl ist, so sind diese vom p^{ten} und jene vom $(p-1)^{ten}$ Grade. Die E mit geraden unteren Indices sind gerade Functionen, die mit ungeraden unteren Indices ungerade Functionen. Diese Eigenschaften gehen unmittelbar aus dem allgemeinen Ausdruck für die E hervor. Man überzeugt sich nämlich ohne Schwierigkeit, dass derselbe in folgender Weise geschrieben werden kann:

$$(4)\qquad E_n^{(s)} = \frac{\theta^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}\,\theta^{2r}.$$

Als obere Grenze für die Summation muss $\frac{1}{2}(p-n)$ oder $\frac{1}{2}(p-n-1)$ genommen werden, je nachdem $p-n$ eine gerade oder ungerade Zahl ist. Π ist das bekannte Gauss'sche Zeichen und daher

$$\Pi\left(\frac{s}{2}+k\right) = \frac{s}{2}\cdot\frac{s}{2}+1 \ldots \frac{s}{2}+k \,.\, \Pi\left(\frac{s}{2}-1\right).$$

Aus dem allgemeinen Ausdruck (4) ergiebt sich ferner, dass $E^{(s)}_{p-1}$ und $E^{(s)}_{p}$ aus einem einzigen Gliede bestehen.

Setzen wir in (4) unter dem Summations-Zeichen $\theta^2 = \eta$, so dass:

$$E_n^{(s)} = \frac{\theta^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}\,\eta^r$$

und differentiiren diesen Ausdruck in Bezug auf η, so bekommen wir, ohne Rücksicht auf die Grenzen:

$$\frac{dE_n^{(s)}}{d\eta} = \frac{\theta^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r-1)} \eta^{r-1}.$$

In Folge der Differentiation ist die Gradzahl unter dem Σ um Eins kleiner geworden. Bemerken wir ausserdem, dass das in Bezug auf η constante Glied durch diese Operation verschwindet, so erhellt, dass wir den Differentialquotienten von $E^{(s)}$ in Bezug auf η folgendermassen schreiben können:

$$\frac{dE_n^{(s)}}{d\eta} = -\frac{\theta^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\frac{\frac{1}{2}(p-n)-1}{\frac{1}{2}(p-n-1)-1}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r\right)}{\Pi(r)} \eta^r.$$

Nun ist aber

$$E^{(s)}{}_{n+1} = \frac{\theta^{n+1}}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\frac{\frac{1}{2}(p-n-1)}{\frac{1}{2}(p-n-2)}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r\right)}{\Pi(r)} \eta^r,$$

woraus folgt

$$E^{(s)}{}_{n+1} = -\theta \frac{dE_n^{(s)}}{d\eta} + (-1)^{\frac{1}{2}(p-n-1)} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+\frac{p+n-1}{2}\right)}{\Pi\left(\frac{s}{1}-1\right)\Pi\left[\frac{1}{2}(p-n)\right]} \theta^{n+1}\eta^{\frac{1}{2}(p-n)}$$

oder

$$E^{(s)}{}_{n+1} = -\theta \frac{dE_n^{(s)}}{d\eta},$$

je nachdem $p-n$ ungerade oder gerade ist. Diese Formeln können für die Berechnung der $E^{(s)}$ von einigem Nutzen sein. Wir wollen aber nunmehr eine für die numerische Rechnung noch weit wichtigere Relation ableiten.

Differentiiren wir beiderseits die Gleichung

$$(1-2\theta U+\theta^2)^{-\frac{s}{2}} = E_0^{(s)} + \frac{2}{\Pi(1)} E_1^{(s)} U + \frac{2^2}{\Pi(2)} E_2^{(s)} U^2 + \ldots + \frac{2}{\Pi(p)} E_p^{(s)} U^6$$

in Bezug auf U, so ergiebt sich

$$(1-2\theta U+\theta^2)^{-\frac{s+2}{2}} = \frac{1.2}{s.\theta.\Pi(1)} E_1^{(s)} + \frac{2}{s.\theta} \cdot \frac{2^3}{\Pi(3)} E_2^{(s)} U + \frac{3}{s.\theta} \cdot \frac{2^4}{\Pi(4)} E_2^{(s)} U^2 + \ldots + \frac{p}{s.\theta} \frac{2^{p-1}}{\Pi(p-1)} E^{(s)}{}_{p-1} U^{p-1}.$$

Entwickeln wir ferner die Function linker Hand in derselben Weise wie im vorhergehenden § beschrieben wurde, und denken uns diese Entwicklung $p-1$ Glieder enthaltend, so wird

$$1-2\theta U+\theta^2)^{-\frac{s+2}{2}} = E_0^{(s+2)} + \frac{2}{\Pi(1)} E_1^{(s+2)} U + \frac{2^2}{\Pi(2)} E_2^{(s+2)} U^2 + \ldots + \frac{2^{p-1}}{\Pi(p-1)} E_{p-1}^{(s+2)} U^{p-1}.$$

Vergleichen wir in diesen beiden Ausdrücken die Glieder derselben Potenz von U, so geht die allgemeine Relation

$$E^{(s)}_{n+1} = \tfrac{s}{2}\theta E_n^{(s+2)} \tag{5}$$

hervor. Diese höchst einfache Formel ist für die practische Anwendung ganz besonders geeignet. Sind die $E^{(s)}$ bekannt, so lassen sich hieraus alle $E^{(s+2)}$ ermitteln; wenn dagegen die $E^{(s+2)}$ gegeben sind, so wird man mittelst dieser Formel $E_0^{(s)}$ nicht erhalten, sondern muss diese Function direct berechnen. Soll aber in beiden Entwickelungen dieselbe Anzahl Potenzen berücksichtigt werden, so kann die obige Formel nicht für alle Werthe von n bestehen. Um für diesen Fall die vollständigen Ausdrücke zu erhalten, gehen wir zu der Gleichung (4) zurück und schreiben sie folgendermassen:

$$E^{(s)}_{n+1} = \frac{\theta^{n+1}}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n-1)\\ \frac{1}{2}(p-n-2)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r\right)}{\Pi(r)} \theta^{2r}.$$

Setzen wir in derselben Gleichung $s+2$ statt s, so ergiebt sich

$$E_n^{(s+2)} = \frac{\theta^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s+2}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)} \theta^{2r}.$$

Multipliciren wir diese Gleichung mit $\frac{s}{2}\theta$ so lässt sie sich so schreiben:

$$\tfrac{s}{2}\theta E_n^{(s+2)} = \frac{\theta^{n+1}}{\Pi\left(\frac{s}{2}\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r\right)}{\Pi(r)} \theta^{2r}.$$

Vergleichen wir nun diesen Ausdruck mit dem Ausdruck für $E^{(s)}_{n+1}$, so findet sich

$$E^{(s)}_{n+1} = \tfrac{s}{2}\theta E_n^{(s+2)} - (-1)^{\frac{1}{2}(p-n)} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+\frac{p+n}{2}\right)}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)\Pi\left(\frac{p-n}{2}\right)} \theta^{p+1}$$

oder

$$E^{(s)}{}_{n+1} = \frac{s}{2}\,\theta E_n^{(s+2)},$$

je nachdem $p - n$ gerade oder ungerade ist. Die erste von diesen beiden Relationen wird wohl meistentheils ohne practische Bedeutung sein, da es vortheilhafter ist, die Rechnungen so anzulegen, dass die letzte allein ausreicht. Zweckmässig scheint es jedenfalls Tafeln zu construiren um die Ermittelung der $E^{(s)}$ für $s = 1$ und $s = 3$ zu erleichtern. Die Relation (5) wird dann dazu dienen die E für $s = 5, 7, 9$ etc. zu berechnen.

Die Berechnung der $E^{(s)}$ lässt sich in sehr einfacher Weise controlliren. Setzen wir nämlich $U = 1$ so wird

$$\begin{aligned}(1-\theta)^{-s} &= 1 + s\theta + \frac{s(s+1)}{1.2}\theta^2 + \frac{s(s+1)(s+2)}{1.2.3}\theta^3 + \ldots \\ &= E_0^{(s)} + 2E_1^{(s)} + \frac{2^2}{1.2}E_2^{(s)} + \frac{2^3}{1.2.3}E_3^{(s)} + \ldots\end{aligned}$$

während für $U = -1$:

$$\begin{aligned}(1+\theta)^{-s} &= 1 - s\theta + \frac{s(s+1)}{1.2}\theta^2 - \frac{s(s+1)(s+2)}{1.2.3}\theta^3 + \ldots \\ &= E_0^{s} - 2E_1^{(s)} + \frac{2^2}{1.2}E_2^{(s)} - \frac{2^3}{1.2.3}E_3^{(s)} + \ldots\end{aligned}$$

erhalten wird.

Führen wir in eine von diesen beiden Formeln die Ausdrücke für die $E^{(s)}$ ein, so ergeben sich Summationsformeln, die wir beiläufig anführen wollen, obgleich sie ohne weitere Bedeutung für unseren Zweck sind. Diese Summationsformeln sind:

$$\sum_{r=0}^{r=\frac{n}{2}} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+\frac{n}{2}+r-1\right)}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)\Pi\left(\frac{n}{2}-r\right)} \cdot \frac{2^r}{\Pi(2r)} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{\Pi(s+n-1)}{\Pi(s-1)\,\Pi(n)}$$

wenn n gerade, und

$$\sum_{r=0}^{r=\frac{n-1}{2}} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+\frac{n-1}{2}+r\right)}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)\Pi\left(\frac{n-1}{2}-r\right)} \cdot \frac{2^{2r+1}}{\Pi(2r+1)} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{\Pi(s+n-1)}{\Pi(s-1)\,\Pi(n)}$$

wenn n ungerade ist.

III. Entwickelung von $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$ in trigonometrische Reihen.

Die Hauptaufgabe unserer Untersuchung besteht darin, zweckmässige Methoden zur Entwickelung von $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$ in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen der mittleren, der excentrischen oder der wahren Anomalie zu finden. Dazu wollen wir zunächst eine Reihe ableiten, welche den Uebergang zu jenen in bequemer Weise vermittelt.

Es sei

$$U = \mu \cos x + \nu \cos y, \text{*)}$$

wo μ und ν die Bedingung

$$\mu + \nu = 1$$

erfüllen müssen, wenn U als reelle Grösse die Grenzen -1 und $+1$ nicht überschreiten soll. Führen wir diesen Ausdruck für U in die Gleichung (3) ein und ersetzen die Potenzen von Cos x und Cos y durch die Cos der Vielfachen von x resp. y, so ergiebt sich folgende Form für $\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s$:

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = 4 \sum_0^\infty \sum_0^\infty P^{(s)}_{i,j} \cos ix \cos jy, \tag{6}$$

wobei zu beachten ist, dass man 4 mit 2 zu vertauschen hat, wenn i oder j gleich Null sind, und mit 1, wenn diese beiden Indices gleichzeitig Null sind.

Die angedeutete Substitution muss jetzt ausgeführt werden um den analytischen Ausdruck von $P^{(s)}_{i,j}$ zu erhalten. Vor allen Dingen haben wir also U^n zu entwickeln. Indem wir zu dem Zweck

$$\frac{(2U)^n}{\Pi(n)} = 4 \sum\sum \beta^{(n)}_{i,j} \cos ix \cos jy \tag{7}$$

setzen, wo 4 durch 2 zu ersetzen ist, wenn $i = 0$ oder $j = 0$, und durch 1, wenn $i = j = 0$, so ist es unsere erste Aufgabe die β zu bestimmen. Setzen wir für einen Augenblick

$$\beta^{(n)}_{i,j} = \frac{2^n}{\Pi(n)} b^{(n)}_{i,j},$$

so wird

$$U^n = 4 \sum\sum b^{(n)}_{i,j} \cos ix \cos jy,$$

Nun ist aber nach der Theorie der Fourier'schen Reihen

$$b^{(n)}_{i,j} = \frac{1}{\pi^2} \int_0^\pi \int_0^\pi \cos ix \cos jy \, U^n dx \, dy$$

*) Diese ist dieselbe Bezeichnung, welche Hr. Tisserand in seinem Mémoire: Sur le développement de la fonction perturbatrice in den Pariser Annalen, Tome XV, anwendet.

oder nach einem bekannten Theoreme von Jacobi

$$b^{(n)}_{i,j} = \frac{n(n-1)\ldots(n-\overline{i+j-1})}{(1.3.5\ldots\overline{2i-1})\,(1.3.5\ldots\overline{2j-1})}\,\frac{\mu^i\nu^j}{\pi^2}\int_0^\pi\int_0^\pi \sin^{2i}x\sin^{2j}y\,U^{n-i-j}\,dx\,dy,$$

daher folgt, dass $b^{(n)}_{i,j}$ und also auch $\beta^{(n)}_{i,j}$ verschwindet:

1°) für $n < i+j$,

weil der Factor des Doppelintegrales dann Null ist.

2°) für $n-i-j =$ einer positiven ungeraden Zahl, weil in diesem Falle das Doppelintegral verschwindet.

Die Reihe (7) ist also für ein endliches n eine endliche Reihe, in welcher

$$n-i-j$$

stets eine positive gerade Zahl ist. Aus dem Factor des Doppelintegrales ist weiter ersichtlich, dass $\beta^{(n)}_{i,j}$ den Factor $\mu^i\nu^j$ enthält.

Nach diesen Bemerkungen wollen wir solche Relationen zwischen den verschiedenen Coefficienten ableiten, welche auf bequeme und sichere numerische Rechnungen führen. Zu dem Zwecke differentiiren wir (7) in Bezug auf x, wodurch wir erhalten

$$\frac{(2U)^{n-1}}{\Pi(n-1)}\,2\mu\sin x = 4\sum\sum i\beta^{(n)}_{i,j}\sin ix\cos jy.$$

Setzen wir aber in (7) $n-1$ statt n und multipliciren die Gleichung mit $2\mu\sin x$, so wird

$$\frac{(2U)^{n-1}}{\Pi(n-1)}\,2\mu\sin x = 4\mu\sum\sum \beta_{i,j}{}^{(n-1)}[\sin(i+1)x - \sin(i-1)x]\cos jy.$$

Vergleichen wir nun die rechten Seiten dieser beiden Gleichungen, so ergiebt sich die Relation

$$i\beta^{(n)}_{i,j} = \mu(\beta^{(n-1)}_{i-1,j} - \beta^{(n-1)}_{i+1,j}).$$

In Folge der Symmetrie hat man dann auch

$$j\beta^{(n)}_{i,j} = \nu(\beta^{(n-1)}_{i,j-1} - \beta^{(p-1)}_{i,j+1}).$$

Mit diesen beiden Formeln lassen sich die $\beta^{(n)}$ sicher und bequem berechnen. Zu beachten ist dabei, dass

$$\begin{aligned}\beta^{(n)}_{-1,j} &= \beta^{(n)}_{1,j}\\ \beta^{(n)}_{i,-1} &= \beta^{(n)}_{i,1}\\ \beta^{(n)}_{1,0} &= \mu\\ \beta^{(1)}_{0,1} &= \nu.\end{aligned}$$

Für $i = j = 0$ werden beide Formeln gleichzeitig illusorisch, und folglich muss für diesen Fall ein anderer Ausdruck abgeleitet werden. Setzen wir zu dem Zweck wieder $n - 1$ statt n in (7) und multipliciren beiderseits mit $\frac{2\mu\cos x + 2\nu\cos y}{n}$, so kommt

$$\frac{(2U)^{n-1}}{\Pi(n)}(2\mu\cos x + 2\nu\cos y) = \frac{4}{n}\sum\sum \beta_{i,j}{}^{(n-1)}\{\mu[\cos(i+1)x + \cos(i-1)x]\cos y + \nu[\cos(j+1)y + \cos(j-1)y]\cos ix\}.$$

Da aber die linke Seite identisch mit $(2U)^n$ ist, so erhält man durch Vergleichung der rechten Seite dieses Ausdruckes mit der rechten Seite von (7)

$$n\beta^{(n)}{}_{i,j} = \mu\{\beta^{(n-1}{}_{i-1,j} + \beta^{(n-1)}{}_{i+1,j}\} + \nu\{\beta^{(n-1)}{}_{i,j-1} + \beta^{(n-1)}{}_{i,j+1}\}.$$

Diese Formel hat allgemeine Gültigkeit, ist aber nur zur Berechnung von $\beta^{(n)}{}_{0,0}$ geeignet. Indem wir nun Rücksicht auf die Identitäten

$$\beta^{(n)}{}_{-1,j} = \beta^{(n)}{}_{1,j}; \qquad \beta^{(n)}{}_{i,-1} = \beta^{(n)}{}_{i,1}$$

nehmen, so werden unsere Formeln:

$$(8)\quad \begin{cases} \beta^{(n)}{}_{i,j} = \frac{\mu}{i}(\beta^{(n-1)}{}_{i-1,j} - \beta^{(n-1)}{}_{i+1,j}) \\ \beta^{(n)}{}_{i,j} = \frac{\nu}{j}(\beta^{(n-1)}{}_{i,j-1} - \beta^{(n-1)}{}_{i,j+1}) \\ \beta^{(n)}{}_{0,0} = \frac{2}{n}(\mu\beta^{(n-1)}{}_{1,0} + \nu\beta^{(n-1)}{}_{0,1}) \end{cases}$$

Diese können als Grundlage für die numerische Rechnung dienen. Alle drei Formeln lassen sich auch durch eine einzige ersetzen, die bei grossen Werthen von n mit Vortheil angewandt werden kann. Addirt man nämlich die obigen Ausdrücke für $n\beta^{(n)}{}_{i,j}$, $i\beta^{(n)}{}_{i,j}$ und $j\beta^{(n)}{}_{i,j}$, so ergiebt sich:

$$(9)\qquad \beta^{(n)}{}_{i,j} = \frac{2}{n+i+j}\{\mu\beta^{(n-1)}{}_{i-1,j} + \nu\beta^{(n-1)}{}_{i,j-1}\}.$$

Als Controlle für die Rechnung hat man, indem $x = y = 0$ gesetzt wird:

$$\frac{2^n}{\Pi(n)} = 4\sum \beta^{(n)}{}_{i,j}.$$

Mit Hülfe der Formeln (8) oder (9) lassen sich ohne Schwierigkeit auf inductivem Wege unabhängige Ausdrücke für $\beta^{(n)}{}_{i,j}$ ableiten. Ein solcher ist der folgende:

$$(10)\qquad \beta^{(n)}{}_{i,j} = \frac{\mu^i + 2f\,\nu^j}{\Pi(i+f)\,\Pi(j)\,\Pi(f)}\,F\left(-f, -\overline{f+i}, j+1, \frac{\nu^2}{\mu^2}\right),$$

wo

$$2f = n - i - j$$

gesetzt ist.

Nachdem wir nun gezeigt, wie die Coefficienten β berechnet werden können, substituiren wir nach (7) die Ausdrücke für $2\,U$, $\frac{2^2\,U^2}{1.2}$, $\frac{2^3\,U^3}{1.2.3}$ etc. in (3), wodurch folgender Ausdruck entsteht:

$$\left(\frac{r'}{\Delta}\right)^s = E_0^{(s)} + 4E_1^{(s)}\sum\sum\beta^{(1)}{}_{i,j}\cos ix\cos jy + 4E_2{}^s\sum\sum\beta^{(2)}{}_{i,j}\cos ix\cos jy + \ldots$$

$$\ldots + 4E_p{}^s\sum\sum\beta^{(p)}{}_{i,j}\cos ix\cos jy.$$

Der Factor 4 ist hier überall durch 2 zu ersetzen, wenn einer der beiden Indices i oder j Null ist, durch 1 dagegen, wenn i und j gleichzeitig Null sind. Ziehen wir nunmehr alle Glieder in $\cos ix\cos jy$ zusammen, so finden wir für $P^{(s)}{}'_{i,j}$ als Function von E und β den folgenden Ausdruck

(11) $$P^{(s)}{}'_{i,j} = \sum E^{(s)}{}_{i+j+2r}\,\beta^{(i+j+2r)}{}_{i,j}$$

mit den Summationsgrenzen

$$r = 0 \quad \text{und} \quad r = \tfrac{1}{2}(p - i - j) \quad \text{oder} \quad r = \tfrac{1}{2}(p - i - j - 1),$$

je nachdem p gerade oder ungerade ist. Die analytischen Ausdrücke der $E^{(s)}$ sind durch (4) und diejenigen von β durch (10) gegeben. Die numerische Berechnung der letzteren geschieht am Sichersten durch die Formel (9) und die $E^{(s)}$ kann man entweder direct oder mit Hülfe der Relation (5) aus den Tafeln entnehmen. Die Formel (11) genügt daher den Anforderungen an numerische Rechnungen vollständig; und zwar gestalten sich diese sehr einfach, sobald man für θ einen speciellen Werth einführt.

Mit der Herleitung des Ausdruckes (11) ist die im Anfange dieses Paragraphen gestellte Aufgabe gelöst: eine trigonometrische Reihe zu finden, welche den Uebergang zu trigonometrischen Reihen nach irgend einer der Anomalien vermittelt. Bezeichnen wir die Argumente der Breite mit u resp. u' und die gegenseitige Neigung der Bahnen mit J, so hat man die bekannte Formel

$$U = \cos^2\tfrac{1}{2}J\cos(u' - u) + \sin^2\tfrac{1}{2}J\cos(u' + u).$$

Demnach braucht man blos zu setzen:

$$x = u' - u; \quad y = u' + u,$$

$$\mu = \cos^2\tfrac{1}{2}J; \quad \nu = \sin^2\tfrac{1}{2}J,$$

um mit Hülfe der bekannten Relationen zwischen den u und den Anomalien den erwähnten Uebergang zu bewerkstelligen. Ehe wir uns aber speciell damit beschäftigen — was in den folgenden Paragraphen geschehen soll — wollen wir eine nicht unwichtige Transformation mit (11) vornehmen.

Wir setzen zu dem Zwecke

$$\beta^{(n)}{}_{i\ j} = \frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \cdot \frac{\alpha^{(f)}{}_{i,j}}{(\Pi(f))^2}.$$

Hierdurch wird (11)

$$P^{(s)}{}_{i,j} = \frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-i-j)\\ \frac{1}{2}(p-i-j-1)\end{smallmatrix}\right.} E^{s}{}_{i+j+2r} \frac{\alpha^{(r)}{}_{i,j}}{(\Pi(r))^2}.$$

Führen wir hier die durch (4) gegebenen Ausdrücke für die E ein und ordnen das Resultat nach den Potenzen von θ, so ergiebt sich, wenn $i+j=n$ der Kürze wegen gesetzt wird:

$$P^{(s)}{}_{i,j} = \frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n-1\right)}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \theta^n \Bigg\{ 1 - \theta^2 \cdot \frac{\frac{s}{2}+n}{1} \left[1 - \frac{\left(\frac{s}{2}+n+1\right)}{1.1} \alpha^{(1)}{}_{i,j} \right]$$

$$+ \theta^4 \frac{\left(\frac{s}{2}+n\right)\left(\frac{s}{2}+n+1\right)}{1.2} \left[1 - \frac{2\left(\frac{s}{2}+n+2\right)}{1.1} \alpha^{(1)}{}_{i,j} + \frac{2.1\left(\frac{s}{2}+n+2\right)\left(\frac{s}{2}+n+3\right)}{1.2.1.2} \alpha^{(2)}{}_{i,j} \right]$$

$$- \theta^6 \frac{\left(\frac{s}{2}+n\right)\left(\frac{s}{2}+n+1\right)\left(\frac{s}{2}+n+2\right)}{1.2.3} \left[1 - \frac{3.\left(\frac{s}{2}+n+3\right)}{1.1} \alpha^{(1)}{}_{i,j} + \frac{3.2\left(\frac{s}{2}+n+3\right)\left(\frac{s}{2}+n+4\right)}{1.2.1.2} \alpha^{(2)}{}_{i,j} \right.$$

$$\left. - \frac{3.2.1\left(\frac{s}{2}+n+3\right)\left(\frac{s}{2}+n+4\right)\left(\frac{s}{2}+n+5\right)}{1.2.3.1.2.3} \alpha^{(3)}{}_{ij} \right] + \ldots$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\Bigg\}$$

Wenn wir nun festsetzen, dass in der hypergeometrischen Reihe

(13) $$\eta^{(k)}{}_{i,j} = F\left(-k, \tfrac{s}{2}+n+k, 1, \alpha\right),$$

die

$$\alpha, \quad \alpha^2, \quad \alpha^3 \quad \text{etc.}$$

durch

$$\alpha^{(1)}{}_{i,j}, \quad \alpha^{(2)}{}_{i,j}, \quad \alpha^{(3)}{}_{i,j} \quad \text{etc.}$$

ersetzt werden, so erhalten wir den folgenden Ausdruck für $P^{(s)}{}_{i,j}$:

$$P^{(s)}{}_{i,j} = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n-1\right)}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \theta^{n} \Big\{ 1 - \frac{\frac{s}{2}+n}{1}\theta^{2}\eta^{(1)}{}_{i,j}$$

$$+ \frac{\left(\frac{s}{2}+n\right)\left(\frac{s}{2}+n+1\right)}{1.2}\theta^{4}\eta^{(2)}{}_{i,j}$$

$$- \frac{\left(\frac{s}{2}+n\right)\left(\frac{s}{2}+n+1\right)\left(\frac{s}{2}+n+2\right)}{1.2.3}\theta^{6}\eta^{(3)}{}_{i,j}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\Big\},$$

den wir auch so schreiben können:

$$P^{(s)}{}_{i,j} = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \frac{\theta^{n}}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum (-1)^{r} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r+1\right)}{\Pi(r)}\theta^{2r}\eta^{(r)}{}_{i,j},$$

wo, unserer ursprünglichen Annahme gemäss die Summationsgrenzen

$$r = 0 \quad \text{und} \quad r = \tfrac{1}{2}(p-n) \quad \text{resp.} \quad r = \tfrac{1}{2}(p-n-1)$$

sind, und $n = i+j$ gesetzt ist.

Vergleichen wir nun diesen Ausdruck von $P^{(s)}{}_{i,j}$ mit demjenigen, welchen wir für $E^{(s)}{}_{n}$ gefunden haben, so ersehen wir, dass diese beiden Ausdrücke bis auf den Factor $\frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\Pi(j)}$ von derselben Form sind. Hieraus resultirt dann das folgende Theorem:

«$P^{(s)}{}_{i,j}$ ist gleich dem Producte $\frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\Pi(j)}$ in $E^{(s)}{}_{i+j}$, wenn im Ausdrucke für die letztere Grösse θ^{i+j+2r} durch $\theta^{i+j+2r}\eta^{(r)}{}_{i,j}$ ersetzt wird.»

Setzen wir daher

(14*) $$\mathfrak{E}_{n}^{(s)} = \frac{\theta^{n}}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\frac{\frac{1}{2}(p-n)}{\frac{1}{2}(p-n-1)}\right.} (-1)^{r} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r+1\right)}{\Pi(r)}\theta^{2r}\eta^{(r)}{}_{i,j},$$

so ist

(14) $$P^{(s)}{}_{i,j} = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\mathfrak{E}^{(s)}{}_{i+j}.$$

Dies ist die gesuchte Transformation von (11).

Um die Bedeutung derselben für numerische Rechnung zu erkennen, ist es noch nöthig, die Berechnung der $\eta^{(k)}{}_{i,j}$ möglichst einfach zu gestalten.

Zunächst muss $\alpha^{(f)}{}_{i,j}$ ermittelt werden. Mit Rücksicht auf (10) finden wir

$$\alpha^{(f)}{}_{i,j} = \mu^{2f} \frac{\Pi(f)\Pi(i)}{\Pi(f+i)} F\left(-f, -\overline{f+i}, j+1, \frac{\nu^2}{\mu^2}\right)$$

und mit Hülfe der beiden ersten Gleichungen (8) die Recursionsformeln

$$\alpha^{(f)}{}_{i,j} = \alpha^{(f)}{}_{i-1,j} - \frac{\mu^2 f^2}{i(i+1)} \alpha^{(f-1)}{}_{i+1,j}$$

$$\alpha^{(f)}{}_{i,j} = \alpha^{(f)}{}_{i,j-1} - \frac{\mu^2 f^2}{j(j+1)} \alpha^{(f-1)}{}_{i,j+1},$$

welche aber nur dann brauchbar sind, wenn i resp. $j > f$.

Wenn i und j kleiner sind als f, so müssen die $\alpha^{(f)}{}_{i,j}$ direct berechnet werden. Nachdem diese Grössen ermittelt sind, ergeben sich die $\eta^{(k)}{}_{i,j}$ aus der Formel (13). Allein die Coefficienten in dieser Formel sind sehr gross, und da die $\eta^{(k)}{}_{i,j}$ verhältnissmässig sehr klein sind, so hätte man auf diese Weise kleine Zahlen mittelst der Differenzen grosser Zahlen zu ermitteln. Wenn indess ν hinreichend klein ist — etwa nicht grösser als bei den kleinen Planeten und den Cometen kurzer Periode — so kann dieser Uebelstand derart vermieden werden, dass $\eta^{(k)}{}_{i,j}$ als Function von ν allein ausgedrückt wird, d. h. auf die folgende Form gebracht wird:

$$\eta^{(k)}{}_{i,j} = m_0 + m_1\nu + m_2\nu^2 + \ldots$$

Dieser Ausdruck ist zwar ein endlicher, aber es wird vorausgesetzt, dass ν so klein ist, dass man sich mit nur wenigen Gliedern begnügen kann. Da m_0, m_1 etc. offenbar von den Elementen unabhängig sind, so können dieselben ein für allemal berechnet werden. Ist deshalb eine Tafel für die m vorhanden, so wird die Berechnung der $\eta^{(k)}{}_{i,j}$ höchst einfach, und die Formel (14) lässt in praktischer Hinsicht nichts zu wünschen übrig. Uebersteigt aber ν gewisse Grenzen, so muss die Formel (11) angewandt werden.

Für die m ist es mir nicht gelungen, einfache analytische Ausdrücke zu finden, die eine bequeme Berechnung gestatten. In der folgenden Tafel, die für $s = 1$ nur so weit ausgedehnt ist, wie es für das später anzuführende numerische Beispiel erforderlich ist, habe ich daher die m durch successive Substitutionen berechnet.

	ν^0	ν	ν^2	ν^3	ν^4
$\eta^{(1)}{}_{0,0}$	$9{,}69897_n$	$0{,}47712$	$0{,}47712_n$		
$\eta^{(2)}{}_{0,0}$	$9{,}57403$	$0{,}87506_n$	$1{,}52827$	$1{,}72016_n$	$1{,}41913$
$\eta^{(3)}{}_{0,0}$	$9{,}49485_n$	$1{,}11810$	$2{,}11810_n$	$2{,}72016$	$2{,}99316_n$
$\eta^{(4)}{}_{0,0}$	$9{,}43686$	$1{,}29420_n$	$2{,}53760$	$3{,}40253_n$	$3{,}97656$
$\eta^{(1)}{}_{1,0}$	$9{,}39794_n$	$0{,}39794$	$0{,}57403_n$		
$\eta^{(2)}{}_{1,0}$	$9{,}09691$	$0{,}54407_n$	$1{,}32222$	$1{,}62325_n$	$1{,}41913$
$\eta^{(3)}{}_{1,0}$	$8{,}89276_n$	$0{,}62519$	$1{,}72210_n$	$2{,}41130$	$2{,}76348_n$

	ν^0	ν	ν^2	ν^3	ν^4
$\eta^{(1)}_{2,0}$	$9{,}22185_n$	0,36798	$0{,}66907_n$		
$\eta^{(2)}_{2,0}$	8,79588	$0{,}35218_n$	1,22725	$1{,}61542_n$	1,49049
$\eta^{(3)}_{2,0}$	$8{,}49484_n$	0,31440	$1{,}49049_n$	2,25225	$2{,}67138_n$
$\eta^{(1)}_{3,0}$	$9{,}09691_n$	0,35218	$0{,}75012_n$		
$\eta^{(2)}_{3,0}$	8,57043	$0{,}21748_n$	1,17173	$1{,}63246_n$	1,57447
$\eta^{(1)}_{4,0}$	$9{,}00000_n$	0,34242	$0{,}81954_n$		
$\eta^{(2)}_{4,0}$	8,39794	$0{,}11394_n$	1,13513	$1{,}65801_n$	1,61801
$\eta^{(1)}_{5,0}$	$8{,}92083_n$	0,33579	$0{,}87986_n$		
$\eta^{(1)}_{6,0}$	$8{,}85387_n$	0,33099	$0{,}93305_n$		

$\eta^{(1)}_{0,1}$	$0{,}17609_n$	0,69897	$0{,}57403_n$	
$\eta^{(2)}_{0,1}$	0,27300	$1{,}24304_n$	1,72016	$1{,}79934_n$
$\eta^{(3)}_{0,1}$	$0{,}33985_n$	1,59523	$2{,}62746_n$	2,85848
$\eta^{(1)}_{1,1}$	$9{,}87506_n$	0,54407	$0{,}54407_n$	
$\eta^{(2)}_{1,1}$	9,79588	$0{,}87506_n$	1,44910	$1{,}61542_n$
$\eta^{(3)}_{1,1}$	$9{,}73747_n$	1,08031	$1{,}95537_n$	2,49528
$\eta^{(1)}_{2,1}$	$9{,}69897_n$	0,47712	$0{,}57403_n$	
$\eta^{(2)}_{2,1}$	9,49485	$0{,}66118_n$	1,31440	$1{,}55328_n$
$\eta^{(1)}_{3,1}$	$9{,}57403_n$	0,43933	$0{,}61542_n$	
$\eta^{(2)}_{3,1}$	9,27300	$0{,}51188_n$	1,23204	$1{,}53307_n$
$\eta^{(1)}_{4,1}$	$9{,}47712_n$	0,41497	$0{,}65801_n$	
$\eta^{(1)}_{5,1}$	$9{,}39794_n$	0,39794	$0{,}69897_n$	

$\eta^{(1)}_{0,2}$	$0{,}39794_n$	0,84510	$0{,}66901_n$
$\eta^{(2)}_{0,2}$	0,64098	1,49831	1,89625
$\eta^{(3)}_{0,2}$	$0{,}81707_n$	1,93765	$2{,}63661_n$

	ν^0	ν	ν^2
$\eta^{(1)}_{1,2}$	$0{,}09691_n$	0,65321	$0{,}57338_n$
$\eta^{(2)}_{1,2}$	0,16386	$1{,}10834_n$	1,58545
$\eta^{(1)}_{2,2}$	$9{,}92082_n$	0,56427	$0{,}56427_n$
$\eta^{(2)}_{2,2}$	9,86283	$0{,}87986_u$	1,42392
$\eta^{(1)}_{3,2}$	$9{,}79588_n$	0,51188	$0{,}57883_n$
$\eta^{(1)}_{4,2}$	$9{,}69897_n$	0,47712	$0{,}60206_n$

$\eta^{(1)}_{0,3}$	$0{,}54407_n$	0,95424
$\eta^{(2)}_{0,3}$	0,89625	$1{,}69461_n$
$\eta^{(1)}_{1,3}$	$0{,}24304_n$	0,74036
$\eta^{(2)}_{1,3}$	0,41913	$1{,}29003_n$
$\eta^{(1)}_{2,3}$	$0{,}06694_n$	0,63682
$\eta^{(1)}_{3,3}$	$9{,}94201_n$	9,57403.

Was die Relationen zwischen den verschiedenen P anbetrifft, welche Herr Tisserand «Relations de Jacobi» nennt, so kann ich nur auf dessen Mémoire verweisen.

IV. Entwickelung der Störungsfunction in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen der mittleren Anomalien des gestörten und des störenden Planeten.

In der Störungsfunction

$$\Omega = \frac{m'}{1+m'}\left\{\frac{1}{\Delta} - \frac{r}{r'^2}U\right\}$$

erscheint nur die erste Potenz von $\frac{1}{\Delta}$; wir haben daher in unseren vorhergehenden Formeln $s = 1$ zu setzen, und vor allen Dingen $\frac{1}{\Delta}$ in Reihen nach den Vielfachen der mittleren Längen zu entwickeln. Indem wir dieser Entwickelung die Leverrier'sche Form (Annales de l'observatoire de Paris, Tome I p. 263) geben und dieselbe Bezeichnungsweise, soweit dies auf Grund des Vorhergehenden geschehen kann, anwenden, wollen wir in

analoger Weise verfahren, wie Hr. Tisserand in seinem schon mehrmals erwähnten Mémoire.

Bezeichnen wir daher mit v und v' die wahren Längen, so erhalten wir, der Relationen zwischen u und v und zwischen u' und v' zufolge, und weil

$$x = u' - u; \quad y = u' + u$$

die folgenden Ausdrücke für x und y.

$$x = v' - v - \tau' + \tau; \quad y = v' + v - \tau' - \tau$$

Es seien weiter l und l' die mittleren Längen,

$$\lambda = l + \tau' - \tau$$

und Y und Y' die Mittelpunktsgleichungen. Da

$$2\cos ix\cos jy = \cos(ix + jy) + \cos(ix - jy),$$

so hat man von $4P_{i,j}\cos ix\cos jy$*) nur $2P_{i,j}\cos(ix + jy)$ zu entwickeln, indem die Entwickelung von $2P_{i,j}\cos(ix - jy)$ sich dann unmittelbar durch Vertauschung von j mit $-j$ ergiebt. Wir erhalten daher mit Rücksicht auf die obigen Bezeichnungen und Relationen:

$$2P_{i,j}\cos(ix + jy) =$$

$$(15)\begin{cases} 2P_{i,j}\cos\{(i+j)l' - (i-j)\lambda - 2j\tau'\}\{\cos(i-j)Y\cos(i+j)Y' + \sin(i-j)Y\sin(i+j)Y'\} \\ + 2P_{i,j}\sin\{(i+j)l' - (i-j)\lambda - 2j\tau'\}\{\sin(i-j)Y\cos(i+j)Y' - \cos(i-j)Y\sin(i+j)Y'\} \end{cases}$$

Wir setzen ferner

$$r = a(1 + X); \quad r' = a'(1 + X'),$$

wo X und X' von der Ordnung der Excentricitäten sind. Es ist dann

$$\mathfrak{C}_{i+j} = f(r, r') = f[a(1 + X), a'(1 + X')],$$

eine homogene Function nullten Grades, und daher können wir schreiben:

$$\mathfrak{C}_n = \varphi\left(\alpha\frac{1+X}{1+X'}\right) = \varphi\left[\alpha\left(1 + \frac{X - X'}{1 + X'}\right)\right],$$

wo $\alpha = \frac{a}{a'}$ und $i + j = n$ gesetzt sind. Weil wir die Entwickelung von $\frac{1}{\Delta}$ brauchen, so muss $\mathfrak{C}_n$ mit $\frac{1}{r'}$ multiplicirt werden, wodurch es wird

*) Für $P^{(s)}{}_{i,j}$ wird $P_{i,j}$ gesetzt, sobald $s = 1$.

$$\frac{1}{r'}\mathfrak{E}_n = \frac{1}{a'(1+X')}\varphi\left[\alpha\left(1+\frac{X-X'}{1+X'}\right)\right].$$

Nun ist $\varphi(\alpha)$ nichts anderes als $\mathfrak{E}_n$ wenn man α statt $\theta = \frac{r}{r'}$ setzt. Bezeichnen wir deshalb nach dieser Substitution $\mathfrak{E}_n$ mit e_n und setzen ausserdem

$$\frac{d^k e_n}{d\alpha^k} = e_n^{(k)},$$

so ergiebt sich nach dem Taylor'schen Lehrsatze

$$\frac{a'}{r'}\mathfrak{E}_n = \frac{1}{1+X'}\left\{e_n + \frac{e_n^{(1)}}{1}\frac{X-X'}{1+X'} + \frac{e_n^{(2)}}{1.2}\frac{(X-X')^2}{(1+X')^2} + \ldots\right\}$$

und daher schliesslich:

$$\begin{aligned}
\frac{a'}{r'}P_{i,j}(\cos ix + \cos jy) = {} & \frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\cos\{(i+j)l' - (i-j)\lambda - 2j\tau'\}\sum\frac{e_n^{(k)}}{\Pi(k)}\Big[X^k\cos(i-j)Y\frac{\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} \\
& - \frac{k}{1}X^{k-1}\cos(i-j)Y\frac{X'\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} + \frac{k(k-1)}{1.2}X^{k-2}\cos(i-j)Y\frac{X'^2\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}}\ldots \\
& \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
& + X^k\sin(i-j)Y\frac{\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} - \frac{k}{1}X^{k-1}\sin(i-j)Y\frac{X'\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} \\
& + \frac{k(k-1)}{1.2}X^{k-2}\sin(i-j)Y\frac{X'^2\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}}\ldots\Big] \\
+ & \frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\sin\{(i+j)l' - (i-j)\lambda - 2j\tau'\}\sum\frac{e_n^{(k)}}{\Pi(k)}\Big[X^k\sin(i-j)Y\frac{\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} \\
& - \frac{k}{1}X^{k-1}\sin(i-j)Y\frac{X'\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} + \frac{k(k-1)}{1.2}X^{k-2}\sin(i-j)Y\frac{X'^2\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}}\ldots \\
& \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
& - X^k\cos(i-j)Y\frac{\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} + \frac{k}{1}X^{k-1}\cos(i-j)Y\frac{X'\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} \\
& - \frac{k(k-1)}{1.2}X^{k-2}\cos(i-j)Y\frac{X'^2\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}} + \ldots\Big].
\end{aligned}$$

Die Functionen

$$X^{k-m}\cos(i-j)Y, \qquad X^{k-m}\sin(i-j)Y,$$

$$\frac{X'^m\cos(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}}, \qquad \frac{X'^m\sin(i+j)Y'}{(1+X')^{k+1}}$$

sind von Leverrier, Annales de l'Observatoire de Paris, Tome I, als trigonometrische Reihen nach den Vielfachen der mittleren Anomalie gegeben. Durch die Substitution dieser Ausdrücke und nach gehörigen Multiplicationen ergiebt sich dann $\frac{a'}{r}P_{i,j}$ als trigonometrische Reihe nach den Vielfachen der mittleren Längen oder auch der mittleren Anomalien.

Um die Entwickelung der Störungsfunction zu erhalten, ist noch

$$-\frac{r}{r'^2}\,U = -\frac{r}{r'^2}(\mu\cos x + \nu\cos y)$$

zu entwickeln; da aber die Vorschriften dazu in der eben gegebenen Auseinandersetzung enthalten sind, so brauchen wir uns hiermit weiter nicht zu beschäftigen. Die folgende Bemerkung scheint aber nicht überflüssig zu sein. Ist nämlich $r < r'$, so hebt sich $-\frac{r}{r'^2}\,U$ gegen das erste Glied in $\frac{2}{\Pi(1)}\,E_1^{(1)}$, Gleichung (3); wenn man daher bei der Berechnung von E_1 das erste Glied weglässt, so braucht man den zweiten Theil der Störungsfunction nicht zu berücksichtigen.

Die Berechnung von

$$e_n = \frac{\alpha^n}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\begin{cases}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{cases}} (-1)^r \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}\,\alpha^{2r}\eta_{i,j}^{(r)}$$

und der Differentialquotienten dieser Grösse geschieht am Bequemsten mit Hülfe der Tafeln.

V. Entwickelung der Störungsfunction in trigonometrische Reihen, die nach den Vielfachen der excentrischen Anomalie des gestörten und nach den Vielfachen der mittleren Anomalie des störenden Planeten fortschreiten.

Diese Aufgabe ist von Hansen in der Abhandlung «Entwickelung der negativen und ungeraden Potenzen der Quadratwurzel etc.» und in dem zweiten Theile von «Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode etc.» gelöst worden. Wir wollen nun auf Grundlage der Gleichungen (6) und (14) denselben Ausdruck für die Störungsfunction ableiten, den Hansen in der letztgenannten Abhandlung pag. 32 gegeben hat.

Bezeichnen wir nun mit Hansen den Bogen, welcher zwischen dem aufsteigenden Knoten der Bahn des gestörten auf die des störenden Planeten und dem Perihel π liegt, mit Π und mit Π' den Bogen zwischen demselben Knoten und dem Perihel π', und ist weiter f die wahre Anomalie des gestörten und f' die wahre Anomalie des störenden Planeten, so haben wir

$$u = f + \Pi; \quad u' = f' + \Pi'$$

und folglich

$$x = f' - f + \Pi' - \Pi$$
$$y = f' + f + \Pi' + \Pi,$$

woraus

$$ix + jy = (i+j)f' - (i-j)f + (i+j)\Pi' - (i-j)\Pi$$
$$ix - jy = (i-j)f' - (i+j)f + (i-j)\Pi' - (i+j)\Pi.$$

Hiermit ergiebt sich also

$$4P_{i,j}\cos ix\cos jy = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,E_{i+j}[(A+B\sqrt{-1})e^{(i-j)f\sqrt{-1}}e^{-(i+j)f'\sqrt{-1}}$$
$$+(A'+B'\sqrt{-1})e^{(i+j)f\sqrt{-1}}e^{-(i-j)f'\sqrt{-1}}+(A-B\sqrt{-1})e^{-(i-j)f\sqrt{-1}}e^{+(i+j)f'\sqrt{-1}}$$
$$+(A'-B'\sqrt{-1})e^{-(i+j)f\sqrt{-1}}e^{+(i-j)f'\sqrt{-1}}].$$

Wo zur Abkürzung gesetzt ist

$$A = \cos\{(i-j)\Pi - (i+j)\Pi'\};\quad B = \sin\{(i-j)\Pi - (i+j)\Pi'\}$$
$$A' = \cos\{(i+j)\Pi - (i-j)\Pi'\};\quad B' = \sin\{(i+j)\Pi - (i-j)\Pi'\}.$$

Da wir ferner, um die Schreibweise zu vereinfachen,

$$i+j = n;\quad i-j = n'$$

setzen, so ist n immer eine positive Grösse. Wir können daher schreiben

(15)
$$4P_{i,j}\cos ix\cos jy =$$
$$\frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,E_n[(A\pm B\sqrt{-1})e^{\pm n'f\sqrt{-1}}e^{\mp nf'\sqrt{-1}}+(A'\pm B'\sqrt{-1})e^{\pm nf\sqrt{-1}}e^{\mp n'f'\sqrt{-1}}],$$

wo sowohl die oberen als die unteren Zeichen zu berücksichtigen sind. Da es sich nun wieder um die Störungsfunction handelt, so ist die Entwickelung von $\frac{1}{\Delta}$ erforderlich; wir müssen also $4P_{i,j}$ mit $\frac{1}{r'}$ multipliciren.

Führen wir in (14) $\frac{r}{r'}$ statt θ ein und setzen $\alpha = \frac{a}{a'}$, so ergiebt sich

(16)
$$\frac{a'}{r'}E_n = a_0^{(n)}\left(\frac{r}{a}\right)^n\left(\frac{a'}{r'}\right)^{n+1} + a_2^{(n)}\left(\frac{r}{a}\right)^{n+2}\left(\frac{a'}{r'}\right)^{n+3} + a_4^{(n)}\left(\frac{r}{a}\right)^{n+4}\left(\frac{a'}{r'}\right)^{n+5} + \ldots$$

Das letzte Glied heisst

$$a_p^{(n)}\left(\frac{r}{a}\right)^p\left(\frac{a'}{r'}\right)^{p+1}\quad\text{oder}\quad a^{(n)}{}_{p-1}\left(\frac{r}{a}\right)^{p-1}\left(\frac{a'}{r'}\right)^p,$$

je nachdem $p-n$ gerade oder ungerade ist. Die Coefficienten $a^{(n)}$ haben nach der Gleichung (14) die folgende Zusammensetzung:

$$a_0^{(n)} = + \frac{2n-1}{2} \alpha^n$$

$$a_2^{(n)} = - \frac{(2n-1)(2n+1)}{2.4} \alpha^{n+2} \eta_{i,j}^{(1)}$$

$$a_4^{(n)} = + \frac{(2n-1)(2n+1)(2n+3)}{2.4.6} \alpha^{n+4} \eta_{i,j}^{(2)}$$

$$a_6^{(n)} = - \frac{(2n-1)(2n+1)(2n+3)(2n+5)}{2.4.6.8} \alpha^{n+6} \eta_{i,j}^{(3)}$$

. . . . . .

Es müssen nun die Coordinaten r und f durch die excentrische Anomalie ε und die Coordinaten r' und f' durch die mittlere Anomalie g' ersetzt werden. Indem wir zu dem Zwecke mit Hansen

$$y = e^{\varepsilon\sqrt{-1}}; \quad z' = e^{g'\sqrt{-1}}$$

setzen, ersehen wir aus (15) und (16), dass wir zunächst die Coefficienten in den Reihen

$$\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{kf\sqrt{-1}} = \sum W_\nu^{h,k} y^\nu$$

$$\left(\frac{r'}{a'}\right)^{h'} e^{k'f'\sqrt{-1}} = \sum X_{\nu'}^{h',k'} z'^{\nu'}$$

zu ermitteln haben. In der ersten Gleichung ist bei der hier zu behandelnden Aufgabe stets $h \gtrless k$. Demzufolge ist die erste Reihe endlich und zwar erstreckt sie sich von $\nu = -h$ bis $\nu = +h$. Die zweite Reihe dagegen ist immer eine unendliche. Nach Hansen («Entwickelung des Products einer Potenz des Radius vector etc.») lassen sich für $h = k$ die W-Coefficienten durch folgende Formeln berechnen:

$$W_h^{h,h} = \cos^{2h}\tfrac{1}{2}\varphi; \quad W_{h-1}^{h,h} = -\frac{2h}{1}\beta W_k^{h,h};$$

$$W_{h-2}^{h,h} = -\frac{2h-1}{2}\beta W_{h-1}^{h,h}; \quad W_{h-3}^{h,h} = -\frac{2h-2}{3}\beta W_{h-2}^{h,h} \text{ etc.,} \ldots$$

wo φ der Excentricitätswinkel und $\beta = \operatorname{tang}\frac{1}{2}\varphi$ gesetzt ist. Die übrigen Coefficienten werden alsdann erhalten mittelst der beiden Gleichungen:

$$W_\nu^{h+1,k-1} = \beta^2 \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_{\nu-1}^{h,k} - 2\beta \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_\nu^{h,k} + \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_{\nu+1}^{h,k}$$

$$W_\nu^{h+1,k+1} = \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_{\nu-1}^{h,k} - 2\beta \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_\nu^{h,k} + \beta^2 \cos^2\tfrac{1}{2}\varphi W_{\nu+1}^{h,k}.$$

Ausserdem ist

$$W_\nu^{h,k} = W_{-\nu}^{h,-k}.$$

Für die Berechnung der X-Coefficienten giebt Hansen a. a. O. unter Anderen auch diese Formeln:

1) $\nu - k$ positiv oder Null.

$$X_{\nu}^{h,k}=(-1)^{\nu-k}\cos^{2(h+1)}\tfrac{1}{2}\varphi\{P_{\nu-k}^{(h-k)}\beta^{\nu-k}+P_{\nu-k+1}^{(h-k)}Q_1^{(h+k)}\beta^{\nu-k+2}+P_{\nu-k+2}^{(h-k)}Q_{\nu-k+2}^{(h+k)}\beta^{\nu-k+4}+\ldots\}.$$

2) $k - \nu$ positiv oder Null.

$$X_{\nu}^{h,k}=(-1)^{k-\nu}\cos^{2(h+1)}\varphi\{Q_{k-\nu}^{(h+k)}\beta^{k-\nu}+Q_{k-\nu+1}^{(h+k)}P_1^{(h-k)}\beta^{k-\nu+2}+Q_{k-\nu+2}^{(h+k)}P_2^{(h-k)}\beta^{k-\nu+4}+\ldots\}.$$

Die P und Q ergeben sich aus den Formeln

$$P_p^{(l)}=\frac{(l+1)l\ldots(l-p+2)}{1\cdot2\ldots p}-\frac{(l+1)l\ldots(l-p+3)}{1\cdot2\ldots(p-1)}\frac{\rho}{1}+\frac{(l+1)l\ldots(l-p+4)}{1\cdot2\ldots(p-2)}\frac{\rho^2}{1\cdot2}-\ldots\pm\frac{l+1}{1}\frac{\rho^{p-1}}{1\cdot2\ldots p-1}\mp\frac{\rho^p}{1\cdot2\ldots p}$$

$$Q_q^{(l)}=\frac{(l+1)l\ldots(l-q+2)}{1\cdot2\ldots q}+\frac{(l+1)l\ldots(l-q+3)}{1\cdot2\ldots(q-1)}\frac{\rho}{1}+\frac{(l+1)l\ldots(l-q+4)}{1\cdot2\ldots(q-2)}\frac{\rho^2}{1\cdot2}+\ldots+\frac{l+1}{1}\frac{\rho^{q-1}}{1\cdot2\ldots q-1}+\frac{\rho^q}{1\cdot2\ldots q}$$

$$\rho=\nu\cos^2\tfrac{1}{2}\varphi;\quad \beta=\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}\varphi.$$

Es findet auch hier die Relation

$$X_{\nu}^{h,k}=X_{-\nu}^{h,-k}$$

statt.

Die Entwickelungen von $\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{kf\sqrt{-1}}$ und $\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{-kf\sqrt{-1}}$ sind, wie aus den Gleichungen (15) und (16) erhellt, gleichzeitig erforderlich. Da nun

$$\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{kf\sqrt{-1}}=W_0^{h,k}+W_1^{h,k}y+W_2^{h,k}y^2+\ldots$$
$$+W_{-1}^{h,k}y^{-1}+W_{-2}^{h,k}y^{-2}+\ldots$$

so wird wegen

$$W_{\nu}^{h,k}=W_{-\nu}^{h,-k}$$

$$\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{-kf\sqrt{-1}}=W_0^{h,k}+W_{-1}^{h,k}y+W_{-2}^{h,k}y^2+\ldots$$
$$+W_1^{h,k}y^{-1}+W_2^{h,k}y^{-2}+\ldots$$

Demnach ist klar, dass in der Entwickelung von $\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{\pm kf\sqrt{-1}}$ entweder nur die Coefficienten für die positiven Potenzen oder nur die Coefficienten für die negativen Potenzen von y, die Null eingeschlossen, zu berechnen sind. Dieselbe Bemerkung gilt in Bezug auf $\left(\frac{a'}{r'}\right)^{h'}e^{\mp k'f'\sqrt{-1}}$. Wir wollen nun feststellen, dass in den ersteren die Coefficienten der positiven und in den letzteren die der negativen Potenzen berechnet werden sollen. Nachdem diese Entwickelungen ausgeführt sind, ist die Multiplication

$$\left(\frac{r}{a}\right)^h e^{kf\sqrt{-1}}\left(\frac{a'}{r'}\right)^{h+1}e^{-k'f'\sqrt{-1}}=\sum\sum C_{\nu,-\nu'}^{(h,k,-k')}y^{\nu}z'^{-\nu'}$$

zu bewerkstelligen. Man findet dabei ohne Schwierigkeit

$$C^{(k,\,k,\,-k')}_{\nu,\,-\nu'} = W^{h,k}_{\nu} X^{-(h+1),\,-k'}_{-\nu'};$$

und zwar nehmen ν und ν' hier alle positiven und negativen Werthe an.

Setzen wir noch

$$L^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'} = 2A\left(C^{n+2r,\,n',\,-n}_{\nu,\,-\nu'} + C^{n+2r,\,-n',n}_{\nu,\,-\nu'}\right) + 2A'\left(C^{n+2r,n,\,-n'}_{\nu,\,-\nu'} + C^{n+2r,\,-n,n'}_{\nu,\,-\nu'}\right)$$

$$M^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'} = 2B\left(C^{n+2r,\,n',\,-n}_{\nu\,-\nu} - C^{n+2r,\,-n',n}_{\nu,\,-\nu'}\right) + 2B'\left(C^{n+2r,\,n-n'}_{\nu,\,-\nu'} - C^{n+2r,\,-n,n'}_{\nu,\,-\nu'}\right),$$

so finden wir schliesslich

$$\textbf{(15)} \qquad \frac{8}{r'} P_{i,j} \cos ix \cos jy = \sum\sum\left(p^{\nu,\,-\nu'}_{ij} + q^{\nu,\,-\nu'}_{ij} V - 1\right) y^{\nu} z'^{-\nu},$$

wo die $p^{\nu\,-\nu'}_{i,j}$ und $q^{\nu,\,-\nu'}_{i,j}$ nichts anders sind als die $P_{i,j}$, wenn in den Formeln (11) oder (14) $\frac{1}{a'}\alpha^{n+2r} L^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'}$, resp. $\frac{1}{a'}\alpha^{n+2r} M^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'}$ statt θ^{n+2r} gesetzt wird; das heisst mit anderen Worten dass es ist

$$a' p^{\nu,\,-\nu'}_{i,j} = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \frac{1}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^{r} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)} \alpha^{n+2r} L^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'} \eta^{(r)}_{i,j}$$

$$a' q^{\nu,\,-\nu'}_{i,j} = \frac{\mu^{i}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)} \frac{1}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)} \sum_{r=0}^{r=\left\{\begin{smallmatrix}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{smallmatrix}\right.} (-1)^{r} \frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)} \alpha^{n+2r} M^{(n+2r)}_{\nu,\,-\nu'} \eta^{(r)}_{i,j},$$

wo $\alpha = \frac{a}{a'}$.

In (15) sind die Summationen über alle positiven und negativen ν und ν' auszudehnen. Berücksichtigen wir aber die Relationen

$$W^{h,k}_{\nu} = W^{h,\,-k}_{-\nu}; \quad X^{-h',-k'}_{-\nu'} = X^{-h',k'}_{\nu'},$$

so ergiebt sich leicht, dass

$$p^{\nu,\,-\nu'}_{i,j} = p^{-\nu,\nu'}_{i,j} \quad ; \quad p^{-\nu,\,-\nu'}_{i,j} = p^{\nu,\nu'}_{i,j}$$

$$q^{\nu,\,-\nu'}_{i,j} = -q^{\nu,\,-\nu'}_{i,j}; \quad q^{-\nu,\,-\nu'}_{i,j} = -q^{\nu,\nu'}_{i,j},$$

und dieser Bemerkung zufolge können wir (15) folgendermaassen schreiben

$$(16) \qquad \frac{4}{r'} P_{i,j} \cos ix \cos jy = \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} \sum_{\nu'=0}^{\nu'=+\infty} \left(p_{i,j}^{\nu,-\nu'} + q_{i,j}^{\nu,-\nu'} V - 1 \right) y^{\nu} z'^{-\nu'},$$

wobei jedoch zu beachten, dass das constante Glied durch 2 zu dividiren ist.

Für die numerischen Rechnungen ist es nützlich, die folgenden Specialfälle zu verzeichnen:

1) $i = j = 0$.

In diesem Falle ist $n = n' = 0$ und

$$L_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 2A C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,0,0}$$

$$M_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 0.$$

2) $j = 0$.

Dann ist $n = n'$ und

$$L_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 2A \left(C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,n,-n} + C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,-n,n} \right)$$

$$M_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 2B \left(C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,n,-n} - C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,-n,n} \right).$$

3) $i = 0$.

Es ist $n = -n'$ und

$$L_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 2A \left(C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,-n,-n} + C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,n,n} \right)$$

$$M_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)} = 2B \left(C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,-n,-n} - C_{\nu,-\nu'}^{n+2r,n,n} \right).$$

Verwandeln wir nun (16) in eine trigonometrische Formel, so erhalten wir

$$\frac{4}{r'} P_{i,j} \cos ix \cos jy = \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} \sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty} p_{i,j}^{\nu,-\nu'} \cos(\nu\varepsilon - \nu' g') - \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} \sum_{\nu'=0}^{\nu'=+\infty} q_{i,j}^{\nu,-\nu'} \sin(\nu\varepsilon - \nu' g'),$$

wo das constante Glied doppelt angesetzt ist.

Durch Addition aller $\frac{4}{r'} P_{i,j} \cos ix \cos jy$ erhält man dann den Ausdruck für $\frac{1}{\Delta}$. Handelt es sich um die Entwickelung von Δ, so hat man nur die untere Grenze in den Ausdrücken für $p_{i,0}^{\nu,-\nu'}$, $q_{i,0}^{\nu,-\nu'}$ und $p_{0,j}^{\nu,-\nu'}$, $q_{0,j}^{\nu,-\nu'}$ Eins an Stelle von Null zu setzen. Dies folgt aus einer am Ende des vorigen Paragraphen gemachten Bemerkung.

Hiermit ist die Aufgabe, die Störungsfunction in trigonometrische Reihen nach den Vielfachen der excentrischen Anomalie des gestörten und nach den Vielfachen der mittleren Anomalie des störenden Planeten zu entwickeln, gelöst.

Die Differentialquotienten von Ω in Bezug auf r lassen sich jetzt leicht ermitteln. Suchen wir den Ausdrnck für $r\left(\frac{d\Omega}{dr}\right)$ so ergiebt sich zunächst

$$r\left(\frac{d\Omega}{dr}\right) = 4\,\frac{r}{r'}\sum\sum\left(\frac{dP_{i,j}}{dr}\right)\cos ix\cos jy, \tag{16}$$

wenn die untere Grenze im Summenausdruck für E_1 oder $\mathfrak{E}_1$ gleich Eins gesetzt wird. Nun findet man aber leicht, dass

$$4\,\frac{r}{r'}\left(\frac{dP_{i,j}}{dr}\right)\cos ix\cos jy \tag{17}$$

$$=\sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty}\sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty} a\left(\frac{dp_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)\cos(\nu\varepsilon-\nu' g') - \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty}\sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty} a\left(\frac{dq_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)\sin(\nu\varepsilon-\nu' g'),$$

womit auch die Entwickelung von $r\left(\frac{d\Omega}{dr}\right)$ angegeben ist. Der Vollständigkeit wegen wollen wir noch die Ausdrücke für $\left(\frac{dp_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)$ und $\left(\frac{dq_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)$ anführen:

$$aa'\left(\frac{dp_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right) = \frac{\mu^{i+\nu}j}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,\frac{1}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)}\sum_{r=\begin{cases}1\\0\end{cases}}^{r=\begin{cases}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1)\end{cases}}(-1)^r\,\frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}(n+2r)\,\alpha^{n+2r}\,L_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)}\,\eta_{i,j}^{(r)}$$

$$aa'\left(\frac{dq_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right) = \frac{\mu^{i+\nu}j}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,\frac{1}{\left(\Pi\frac{s}{2}-1\right)}\sum_{r=\begin{cases}1\\0\end{cases}}^{r=\begin{cases}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1\end{cases}}(-1)^r\,\frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}(n+2r)\,\alpha^{n+2r}\,M_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)}\,\eta_{i,j}^{(r)}.$$

Da diese Ausdrücke zur Ermittelung von $r\left(\frac{d\Omega}{dr}\right)$ dienen sollen, so hat man die untere Grenze $=1$ zu setzen, sobald $i=0$ oder $j=0$ oder $i=j=0$; in allen übrigen Fällen ist die untere Grenze $=0$.

Differenziiren wir (16) in Bezug auf r und multipliciren nachher mit r, so wird

$$r^2\left(\frac{d^2\Omega}{dr^2}\right)+r\left(\frac{d\Omega}{dr}\right) = 4\,\frac{r}{r'}\sum\sum\left\{r\left(\frac{d^2P_{i,j}}{dr^2}\right)+\left(\frac{dP_{i,j}}{dr}\right)\right\}\cos ix\cos jy$$

und in derselben Weise wie bei (17) findet man auch

$$(18)\qquad \frac{4}{r'}\left\{r^2\left(\frac{d^2P_{i,j}}{dr^2}\right)+r\left(\frac{dP_{ij}}{dr}\right)\right\}\cos ix\cos jy$$

$$=\sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty}\sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty}\left\{a^2\left(\frac{d^2p_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da^2}\right)+a\left(\frac{dp_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)\right\}\cos(\nu\varepsilon-\nu' g')$$

$$-\sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty}\sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty}\left\{a^2\left(\frac{d^2q_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)+a\,\frac{dq_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right\}\sin(\nu\varepsilon-\nu' g')$$

und

$$a'\left\{a^2\left(\frac{d^2p_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da^2}\right)+a\left(\frac{dp_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)\right\}$$

$$=\frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,\frac{1}{\Pi\left(\frac{s}{2}+1\right)}\sum_{r=\begin{cases}1\\0\end{cases}}^{r=\begin{cases}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1\end{cases}}(-1)^r\,\frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}\,(n+2r)^2\alpha^{n+2r}\,L_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)}\,\eta_{i,j}^{(r)}$$

$$a'\left\{a^2\left(\frac{d^2q_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)+a\left(\frac{dq_{i,j}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)\right\}$$

$$=\frac{\mu^{i+j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}\,\frac{1}{\Pi\left(\frac{s}{2}-1\right)}\sum_{r=\begin{cases}1\\0\end{cases}}^{r=\begin{cases}\frac{1}{2}(p-n)\\ \frac{1}{2}(p-n-1\end{cases}}(-1)^r\,\frac{\Pi\left(\frac{s}{2}+n+r-1\right)}{\Pi(r)}\,(n+2r)^2\alpha^{n+2r}\,M_{\nu,-\nu'}^{(n+2r)}\,\eta_{i,j}^{(r)}.$$

Die von Hansen gegebene Formel für $a^2\left(\frac{d\Omega}{d\bar{Z}}\right)$ wird nach unserer Bezeichnungsweise:

$$a^2\left(\frac{d\Omega}{d\bar{Z}}\right)=\left\{a\Omega+2ar\left(\frac{d\Omega}{dr}\right)+3\mu\,\frac{a}{r'}\,\theta\,(\mu\cos x+\nu\cos y)+\mu\,\frac{a}{r'}\,\theta^2\right\}(Z).$$

Hierbei wäre zu bemerken, dass, bei der Entwickelung von Ω, das erste Glied sowohl von E_0 oder $\mathfrak{E}_0$, wie von E_1 oder $\mathfrak{E}_1$ weggelassen werden muss, wenn man Ω unter der Form

$$\Omega=\frac{4}{r'}\sum\sum P_{i,j}\cos ix\cos jy$$

schreiben will. Wenn wir aber in E_0 oder $\mathfrak{E}_0$ das erste Glied weglassen, zu dem Coefficienten des zweiten Gliedes 1 addiren und weiter das dreifache des ersten Gliedes von E_1 oder $\mathfrak{E}_1$ nehmen, so können wir schreiben

$$a^2\left(\frac{d\Omega}{d\bar{Z}}\right)=\left\{a\Omega+2ar\left(\frac{d\Omega}{dr}\right)\right\}(Z).$$

VI. Entwickelung der negativen Potenzen von Δ unter der Voraussetzung, dass specielle Werthe den Coordinaten des einen Planeten zugetheilt werden.

In dem ersten Theile seiner «Auseinandersetzungen etc.» giebt Hansen den folgenden Ausdruck für das Quadrat des Verhältnisses zwischen der Entfernung der beiden Planeten und der halben grossen Axe des gestörten Planeten:

$$\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2 = \gamma_0 - \gamma_1 \cos\varepsilon' - \beta_0 \sin\varepsilon' + \gamma_2 \cos^2\varepsilon',$$

wo γ_0, γ_1 und β_0 Functionen der Coordinaten des gestörten Planeten sind und

$$\gamma_2 = \frac{e'^2}{\alpha^2}.$$

Erhalten nun γ_0, γ_1 und β_0 numerische Werthe, entsprechend z. B. equidistanten Werthen von ε, so hat man die entsprechenden Ausdrücke für $\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s$ nach den Vielfachen von ε' zu entwickeln und alsdann mit Hülfe der Formeln für die mechanische Quadratur das zweite Argument ε einzuführen.

Hansen giebt nun zwei Methoden $\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s$ zu entwickeln. Charakteristisch für die erste Methode ist, dass er den obigen Ausdruck folgendermaassen zerlegt:

$$\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2 = \{C - q\cos(\varepsilon' - Q)\}\{1 - q_1\cos(\varepsilon' + Q_1)\}$$

und nun die negativen Potenzen der einzelnen Factoren nach den Vielfachen von ε' entwickelt, wonach die Multiplication von zwei Reihen mit einander auszuführen ist, um $\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s$ zu erhalten.

Der zweiten Methode legt er die folgende Transformation von $\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2$:

$$\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2 = D - f\cos(\varepsilon' - F) + \tfrac{1}{2}\gamma_2\cos 2\varepsilon'$$

zu Grunde. Da γ_2 von der Ordnung des Quadrates der Excentricität des störenden Körpers ist, so lässt sich $\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s$ mit Vortheil nach den Potenzen von γ_2 entwickeln. Diese Entwickelung wird dann

$$\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s = \{D - f\cos(\varepsilon' - F)\}^{-\frac{s}{2}} - \frac{s}{4}\gamma_2\{D - f\cos(\varepsilon' - F)\}^{-\frac{s+2}{2}}\cos 2\varepsilon' + \ldots$$

Auch in diesem Falle sind wenigstens zwei Radicale zu entwickeln. Durch Anwendung der im Vorhergehenden auseinandergesetzten Methoden wird man es nur mit einem Radicale zu thun haben.

Setzen wir

$$\varepsilon' - F = x; \qquad 2\varepsilon' = \pi - y,$$

so können wir die zweite Form von $\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2$ in folgender Weise schreiben:

$$\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2 = D\left\{1 - \frac{f}{D}\cos x - \frac{1}{2}\frac{\gamma_2}{D}\cos y\right\}.$$

Es sei weiter

$$k = \frac{f}{D} + \frac{1}{2}\frac{\gamma_2}{D}$$

$$\frac{f}{kD} = \mu, \qquad \frac{\gamma_2}{2kD} = \nu$$

$$k = \frac{2\theta}{1+\theta^2},$$

so wird

$$\left(\frac{\Delta}{a}\right)^2 = \frac{D}{1+\theta^2}\left\{1 - 2\theta(\mu\cos x + \nu\cos y) + \theta^2\right\}.$$

Hieraus ergiebt sich dann

$$\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s = 4\left(\frac{1+\theta^2}{D}\right)^{\frac{s}{2}} \sum\sum P_{i,j}^{(s)} \cos ix \cos jy$$

oder

$$\left(\frac{a}{\Delta}\right)^s = 2\left(\frac{1+\theta^2}{D}\right)^{\frac{s}{2}} \sum\sum (-1)^j P_{i,j}^{(s)} \left\{\cos[(i+2j)\varepsilon' - iF] + \cos[(i-2j)\varepsilon' - iF]\right\},$$

wo die Coefficienten P nach den im Vorhergehenden gegebenen Vorschriften zu berechnen sind. Diese Formel wird in einigen Fällen nicht ohne Nutzen sein.

VII. Numerische Anwendung.

Die im Paragraph V gegebenen Entwickelungen habe ich angewandt, um die Störungen, welche der Encke'sche Comet durch den Saturn erleidet, zu bestimmen. Obgleich schon Hansen und Zech die absoluten Saturnstörungen des Encke'schen Cometen berechnet haben, so bin ich doch durch mannigfache Gründe bewogen, diese Störungen ganz von Neuem zu ermitteln und dabei die Approximation etwas weiter zu treiben, als diese Gelehrten es gethan haben. Ich halte es nicht als überflüssig, aus meinen Rechnungen über diesen Gegenstand hier einen kleinen Auszug zu geben, um damit die oben entwickelten Formeln durch ein Beispiel zu beleuchten.

Elemente 1848 Nov. 26,125 M. Pariser Zeit.

Encke's Comet.		Saturn.
$\pi = 157°47'23,''7$	M. Aeq. der Epoche	$\pi' = 90° 5' 39,''4$
$\vartheta = 334\ 21\ 20,4$		$\vartheta' = 112\ 20\ 18,6$
$i = 13\ 8\ 32,0$		$i' = 2\ 29\ 40,0$
$\varphi = 57\ 58\ 42,9$		$\varphi' = 3\ 12\ 46,4$
$n = 1076,''43281$		$n' = 120,''4548$
$\log a = 0,3453465$		$\log a' = 0,9794961$
		$m' = \frac{1}{3502}$

Hiermit wurde berechnet

$$\log \alpha = \log \frac{a}{a'} = 9,3658504$$

$$J = 15° 5' 11,''4$$
$$\Pi = 189\ 51\ 38,0$$
$$\Pi' = 121\ 58\ 19,9$$

$$\log \mu = 9,9924508$$
$$\log \nu = 8,2363610$$

Es wurden dann die Potenzen von α gebildet und mit dem Factor $m'.206265$ multiplicirt; nachdem darauf die η mit Hülfe der angeführten Tabelle berechnet worden, ergaben sich mit Anwendung der Tabelle für die $E_n^{(1)}$ und nach Multiplication mit $\frac{\mu^{i,j}\nu^{j}}{\Pi(i)\,\Pi(j)}$ die folgenden Ausdrücke für $\frac{a}{r'} P_{i,j}$:

	$\frac{1}{r'}$	$\frac{r}{r'^2}$	$\frac{r^2}{r'^3}$	$\frac{r^3}{r'^4}$	$\frac{r^4}{r'^5}$	$\frac{r^5}{r'^6}$	$\frac{r^6}{r'^7}$	$\frac{r^7}{r'^8}$	$\frac{r^8}{r'^9}$
$\frac{a}{r'} P_{0,0}$	1,135954		9,21906		7,5818		5,9149		3,889
$\frac{a}{r'} P_{1,0}$		0,193230		8,41916		6,7790		5,0250	
$\frac{a}{r'} P_{2,0}$			9,42659		7,66705		5,9858		4,062
$\frac{a}{r'} P_{3,0}$				8,70571		6,9240		5,2083	
$\frac{a}{r'} P_{4,0}$					8,00602		6,1978		4,491
$\frac{a}{r'} P_{5,0}$						7,31856		5,4736	
$\frac{a}{r'} P_{6,0}$							6,6390		4,752
$\frac{a}{r'} P_{7,0}$								5,9652	
$\frac{a}{r'} P_{8,0}$									5,2955

	$\frac{r}{r'^2}$	$\frac{r^2}{r'^3}$	$\frac{r^3}{r'^4}$	$\frac{r^4}{r'^5}$	$\frac{r^5}{r'^6}$	$\frac{r^6}{r'^7}$	$\frac{r^7}{r'^8}$	$\frac{r^8}{r'^9}$
$\frac{a}{r'} P_{0,1}$	8,43714		7,4956		6,3744		5,1846	
$\frac{a}{r'} P_{1,1}$		7,97153		6,9404		5,7782		4,544
$\frac{a}{r'} P_{2,1}$			7,4267		6,3550		6,1657	
$\frac{a}{r'} P_{3,1}$				6,8520		5,7542		4,543
$\frac{a}{r'} P_{4,1}$					6,2615		5,1426	
$\frac{a}{r'} P_{5,1}$						5,6611		4,526
$\frac{a}{r'} P_{6,1}$							5,0541	
$\frac{a}{r'} P_{7,1}$								4,442
$\frac{a}{r'} P_{0,2}$		5,9145		5,4207		4,605		3,642
$\frac{a}{r'} P_{1,2}$			5,6706		5,0161		4,127	
$\frac{a}{r'} P_{2,2}$				5,2720		4,544		3,611
$\frac{a}{r'} P_{3,2}$					4,806		4,035	
$\frac{a}{r'} P_{4,2}$						4,303		3,501
$\frac{a}{r'} P_{5,2}$							3,781	
$\frac{a}{r'} P_{6,2}$								3,228

Nachdem einmal μ und ν ermittelt waren, erforderte die Berechnung der vorstehenden Tafel weniger als eine Stunde Arbeit. Jede Horizontalzeile giebt das entsprechende $\frac{a}{r'} P_{i,j}$ unter der Form

$$\frac{a}{r'} P_{i,j} = k_0^{(n)} \frac{r^n}{r'^{n+1}} + k_2^{(n+2)} \frac{r^{n+2}}{r'^{n+3}} + \ldots$$

Der Factor a ist deshalb eingeführt, weil $a\Omega$ für die späteren Rechnungen nöthig ist. p ist $= 8$ angenommen, was mehr als ausreichend ist, da es sich als zweckmässig erwies, die Glieder, welche vom Neunfachen der mittleren Anomalie des Saturns abhängen, besonders zu berechnen*). Zu den Coefficienten dieser Glieder liefern nämlich die $P_{i,j} \cos ix \cos jy$, in welchen $i + j < 7$, keinen merklichen Beitrag. Die Controlle der obigen Rechnung habe ich für $u = u' = 0$ ausgeführt und fand

*) Mit den angeführten Werthen von n und n' ergiebt sich

$$1 - 9\frac{n'}{n} = -0{,}0071162,$$

weshalb in den Integralausdrücken die Glieder mit den Argumenten $2\varepsilon - 9g'$, $\varepsilon - 9g'$ und $-9g'$ recht merklich werden können.

$$\frac{a}{\Delta} = \frac{a}{r'-r} = 21''{,}6763$$

$$4\frac{a}{r}\sum\sum P_{i,j} = 21''{,}6763.$$

Ausserdem gewann ich eine noch durchgreifendere Controlle dadurch, dass Herr Wittram dieselben Ausdrücke nach der Formel (11) ableitete.

Es wurden ferner nach Hansen's Vorschriften die Coefficienten in

$$\left(\frac{r}{a}\right)^h x^k = \sum W_\nu^{h,k} y^\nu$$

und

$$\left(\frac{a}{r'}\right)^{h+1} x'^{k'} = \sum X_{-\nu'}^{(h+1),k'} z'^{-\nu'}$$

berechnet, wobei nur die positiven Werthe von ν und ν' die Null inclusive, berücksichtigt wurden. Die weitere Rechnung gestaltet sich nun höchst einfach. Ich werde die Berechnung von

$$2\frac{a}{r'} P_{2,0} \cos 2x = \sum\sum \left(p_{2,0}^{\nu,-\nu'} + q_{2,0}^{\nu,-\nu'} V - 1\right) y^\nu z'^{-\nu'}$$

ausführlich beschreiben, weil hier überhaupt die grössten Coefficienten auftreten. Ich berechnete zunächst die $\log\frac{L}{2A}$ und ordnete diese in horizontaler Richtung nach den fallenden Potenzen von z' und in verticaler Richtung sowohl nach den steigenden wie nach den fallenden Potenzen von y. Auf einen Streifen Papier schrieb ich dann die Logarithmen der Coefficienten des Ausdruckes von $2AP_{2,0}$ und addirte dieselben zu den entsprechenden $\log\frac{L}{2A}$, wobei die Numeri statt der Logarithmen auf die gehörige Stelle niedergeschrieben wurden. Die Addition dieser Zahlen, wie aus dem folgenden Schema hervorgeht, giebt unmittelbar die $p_{2,0}^{\nu,-\nu'}$, die in denselben Horizontalreihenwie y^ν stehen. Um $a\left(\frac{dp_{2,0}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)$ und $a^2\left(\frac{d^2p_{2,0}^{\nu,-\nu'}}{da^2}\right) + a\left(\frac{dp_{2,0}^{\nu,-\nu'}}{da}\right)$ zu erhalten, hat man vor der Addition jede Horizontalreihe mit der vor derselben stehenden eingeklammerten Zahl, resp. deren Quadrat zu multipliciren.

$p_{2,0}^{\nu,-\nu'}$.

	z'^0	z'^{-1}	z'^{-2}	z'^{-3}	z'^{-4}	z'^{-5}	z'^{-6}	z'^{-7}
(2)	0,″00000	+0,″01156	−0,″40946	−0,″08039	−0,″01094	−0,″00127	−0,″00013	−0,″00001
(4)	−10	−57	−2016	−507	−83	−11	−1	
(6)	− 2	−11	− 125	− 38	− 7	− 1		
(8)			− 5	− 2				
y^0	−0,00012	+0,″01088	−0,43092	−0,08586	−0,01184	−0,00139	−0,00014	−0,00002
(2)	0,00008	−0,01391	+0,49268	+0,09675	+0,01316	+0,00153	+0,00016	+0,00002
(4)	+2	+60	+2168	+345	+90	+12	+1	
(6)		+11	+ 130	+ 40	+ 8	+ 1		
(8)			+ 5	+ 2				
y	+0,00010	−0,01320	+0,051571	+0,10262	+0,01414	+0,00166	+0,00017	+0,00002

$p_{2,0}^{\nu,-\nu'}$

	z'^0	z'^{-1}	z'^{-2}	z'^{-3}	z'^{-4}	z'^{-5}	z'^{-6}
(2)	0,00000	—0,00427	+0,15124	+0,02970	+0,00404	+0,00047	+0,00005
(4)		+33	+1159	+292	+48	+5	+1
(6)		+ 7	+ 85	+ 26	+ 5	+1	
(8)			+ 3	+ 1			
y^{-4}	0,00000	—0,00387	+0,16371	+0,03289	+0,00457	+0,00053	+0,00006
(2)	—0,00004	+0,00628	—0,22230	—0,04365	—0,00594	—0,00069	—0,00007
(4)	—1	—39	—1395	—351	—58	—8	—1
(6)		—10	— 96	— 29	— 6	—1	
(8)			— 4	— 1			
y^{2}	—0,00005	+0,00579	—0,23725	—0,04746	—0,00658	—0,00078	—0,00008
(2)	0,00000	+0,00059	—0,02095	—0,00411	—0,00056	—0.00006	
(4)		—11	—405	—102	—17	—2	
(6)		— 3	— 42	— 13	— 2		
(8)			— 2	— 1			
y^{-2}	0,00000	+0,00045	—0,02544	—0,00527	—0,00075	—0,00008	
(4)	+0,00001	+0,00014	+0,00488	+0,00123	+0,00020	+0,00003	
(6)		+4	+49	+15	+3		
(8)			+ 1				
y^{3}	+0,00001	+0,00014	+0,00538	+0,00138	+0,00023	+0,00003	
(4)	0,00000	+0,00003	+0,00079	+0,00020	+0,00003	+0,00001	
(6)		+1	+14	+4	+1		
y^{-3}	0,00000	+0,00004	+0,00093	+0,00024	+0,00004	+0,00001	
(4)	0,00000	—0,00002	—0,00070	—0,00014	—0,00003		
(6)		—1	—16	—5	—1		
y^{4}	0,00000	—0,00003	—0,00086	—0,00019	—0,00004		
(4)	0,00000	0,00000	—0,00007	—0,00002			
(6)			—3	—1			
y^{-4}	0,00000	0,00000	—0,00010	—0,00003			

Sind die $p_{i,0}^{\nu,-\nu'}$ berechnet, so wird die Ermittelung von $q_{i,0}^{\nu,-\nu'}$ häufig einfacher, indem diese aus jenen in manchen Fällen durch Multiplication mit $\frac{B}{A}$ erhalten werden können. Die Controllrechnung habe ich für $f = 180°$ ausgeführt, was bei grosser Excentricität zweckmässiger ist, als für $f = 0$. Setzt man demnach in dem ermittelten Ausdruck $y^{\pm 2n} = 1$ und $y^{\pm(2n+1)} = -1$, so muss man zu demselben Resultat geführt werden, welches die unmittelbare Entwickelung nach z'^{-r} in dem Falle liefert, dass von Anfang an $f = 180°$ angenommen wird.

n	θ^0	θ		θ^{13}	θ^{14}	θ^{15}	θ^{16}	θ^{17}
0	0,0000000		9		9,3211274$_n$		9,2930987	
1		9,69897		0,1662254		0,1961887$_n$		0,2225176
2			57$_n$		1,0412867		1,1256076$_n$	
3				1,8194380$_n$		1,9707056		2,1033312$_n$
4			80		2,7488569$_n$		2,9484292	
5				3,4478269		3,7265805$_n$		3,9696185
6			69$_n$		4,4255505		4,7477698$_n$	
7				5,0276105$_n$		5,4467398		5,8084676$_n$
8			8		6,0487998$_n$		6,5074376	
9				6,5259211		7,1094976$_n$		7,6043477
10			1$_n$		7,5866189		8,2064077$_n$	
11				7,8876489$_n$		8,6835290		9,3367415$_n$
12			89		8,9845589$_n$		9,8138628	
13				8,9845589		10,1148927$_n$		10,9752306
14					10,1148927		11,2762606$_n$	
15						11,2762606		12,4665924$_n$
16							12,4665924	
17								13,6840762

n	θ^0	θ		θ^{13}	θ^{14}	θ^{15}	θ^{16}
0	0,0000000		54		0,4972187$_n$		0,5235476
1		0,17609		1,3423167		1,4266376$_n$	
2			80$_n$		2,2717356		2,4043612$_n$
3				3,0498869$_n$		3,2494592	
4			39		4,0276105$_n$		4,2706485
5				4,7265805		5,0487998$_n$	
6			05$_n$		5,7477698		6,1094976$_n$
7				6,3498298$_n$		6,8084676	
8			11		7,4105276$_n$		7,9053777
9				7,8876489		8,5074377$_n$	
10			89$_n$		8,9845590		9,6377715$_n$
11				9,2855890$_n$		10,1148928	
12			89		10,4159227$_n$		11,2762606
13				10,4159227		11,5772906$_n$	
14					11,5772906		12,7676224$_n$
15						12,7676224	
16							13,9851061

$E_n^{(1)}$

n	θ^0	θ	θ^2	θ^3	θ^4	θ^5	θ^6	θ^7	θ^8	θ^9	θ^{10}	θ^{11}	θ^{12}	θ^{13}	θ^{14}	θ^{15}	θ^{16}	θ^{17}
0	0,0000000		9,6989700$_n$		9,5740313		9,4948500$_n$	0,0389180$_n$	9,4368580		9,3911005$_n$		9,3533119		9,3211274$_n$		9,2930987	
1		9,6989700		9,8750613$_n$		9,9719713			0,6921305$_n$	0,0900705	0,8304332	0,1314632$_n$	0,9443767$_n$	0,1662254	1,0412867	0,1961887$_n$	1,1256076$_n$	0,2225176
2			9,8750613		0,2730013$_n$		0,5160393	1,1692518	1,9096145	1,4324932$_n$	2,2454067$_n$	1,6433467	2,5184080	1,8194380$_n$	2,7488569$_n$	1,9707056	2,9484292	2,1033312$_n$
3				0,2730013		0,8170693$_n$				2,7225280		3,1204680$_n$		3,4478269		3,7265805$_n$		3,9696185
4					0,8170693		0,4702818$_n$	2,2106445$_n$	3,0235580$_n$		3,5975893		4,0498869$_n$		4,4255505		4,7477698$_n$	
5						1,4702818				3,8986193$_n$		4,5270082		5,0276105$_n$		5,4467398		5,8084676$_n$
6							2,2106445	3,0235580	3,8986193		4,8280382$_n$		5,5047318		6,0487998$_n$		6,5074376	
7										4,8280382		5,8057618$_n$		6,5259211		7,1094976$_n$		7,6043477
8											5,8057618		6,8269511$_n$		7,5866189		8,2064077$_n$	
9												6,8269511		7,8876489$_n$		8,6835290		9,3367415$_n$
10													7,8876489		8,9845589$_n$		9,8138628	
11														8,9845589		10,1148927$_n$		10,9752306
12															10,1148927		11,2762606$_n$	
13																11,2762606		12,4665924$_n$
14																	12,4665924	
15																		13,6840762
16																		
17																		

$E_n^{(3)}$

n	θ^0	θ	θ^2	θ^3	θ^4	θ^5	θ^6	θ^7	θ^8	θ^9	θ^{10}	θ^{11}	θ^{12}	θ^{13}	θ^{14}	θ^{15}	θ^{16}
0	0,0000000		0,1760913$_n$		0,2730013		0,3399480$_n$	0,9931605$_n$	0,3911005		0,4324932$_n$		0,4672554		0,4972187$_n$		0,5235476
1		0,1760913		0,5740313$_n$		0,8170693			1,7335232$_n$	1,1314632	1,9443767	1,2454067$_n$	2,1204680$_n$	1,3423167	2,2717356	1,4266376$_n$	2,4043612$_n$
2			0.5740313		1,1180993$_n$		1,4702818	2,2106445	3,0235580	2,5464367$_n$	3,4214980$_n$	2,8194380	3,7488569	3,0498869$_n$	4,0276105$_n$	3,2494592	4,2706485
3				1,1180993		1,7713118$_n$				3,8986193		4,3509169$_n$		4,7265805		5,0487998$_n$		6,1094976$_n$
4					1,7713118		2,5116745$_n$	3,3245880$_n$	4,1996493$_n$		4,8280382		5,3286405$_n$		5,7477698		6,8084676	
5						2,5116745				5,1290682$_n$		5,8057618		6,3498298$_n$		7,4105276$_n$		7,9053777
6							3,3245880	4,1996495	5,1290682		6,1067918$_n$		6,8269511		7,4105276$_n$		8,5074377$_n$	
7										6,1067918		7,1279811$_n$		7,8876489		8,9845590		9,6377715$_n$
8											7,1279811		8,1886789$_n$		8,9845590		10,1148928	
9												8,1886789		9,2855890$_n$		10,1148928		11,2762606
10													9,2855889		10,4159227$_n$		11,5772906$_n$	
11														10,4159227		11,5772906		12,7676224$_n$
12															11,5772906		12,7676224	
13																12,7676224		13,9851061
14																	13,9851061	
15																		
16																		

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor, angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.

№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 1 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. I^e^ Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. II^e^ Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lowisa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten, Stockholm und Helsingfors ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung eines wichtigen Theiles der absoluten Jupitersstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.
№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXIII, № 3. **Nyrén, M.** Das Aequinoctium für 1865.0, abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 — 1870 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.
T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
T. XXVII, № 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXVIII, № 6. **Backlund, O.** Zur Theorie des Encke'schen Cometen. 1881. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.
T. XXX, № 4. **Lindemann, Ed.** Zur Beurtheilung der Veränderlichkeit rother Sterne. 1882. Pf. 15 K. = 50 Pf.
№ 8. **Struve, Hermann.** Ueber den Einfluss der Diffraction an Fernröhren auf Lichtscheiben. 1882. Pr. 90 K. = 3 Mk.
T. XXXI, № 2. **Struve, Ludwig.** Resultate aus den in Pulkowa angestellten Vergleichungen von Procyon mit benachbarten Sternen. 1883. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 4. **Lindstedt, And.** Beitrag zur Integration der Differentialgleichungen der Störungstheorie. 1883. Pr. 20 K. = 70 Pf.
№ 9. **Nyrén, M.** L'aberration des étoiles fixes. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.
№ 15. **Wittram, Theod.** Allgemeine Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen für den Bahntheil zwischen 152°21′7″62 und 170° wahrer Anomalie. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.
T. XXXII. № 3. **Backlund, O.** Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881. 1884. Pr. 45 K. = 1 M. 50 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mai, 1884. C. Vesséłofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostrow, 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 5.

DIE
FLUSS-THÄLER DES MITTLEREN RUSSLANDS.

VON

S. Nikitin.

(*Lu le 27 mars 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 5.

DIE
FLUSS-THÄLER DES MITTLEREN RUSSLANDS.

VON

S. Nikitin.

(*Lu le 27 mars 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Mai, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9e ligne, № 12.)

Wenn wir die Literatur der geologischen Untersuchungen des mittleren Russlands durchsehen, bemerken wir unwillkürlich wie wenig Aufmerksamkeit die Autoren verschiedener specieller Arbeiten den neuzeitigen geologischen Processen geschenkt, Dank welchen Russland von einem Netze Flussthäler durchfurcht ist und welche in diesen Thälern mächtige Massen des sogenannten Alluviums abgelagert haben. Die verschiedenen alluvialen Bildungen scheinen mir auch bis jetzt noch nicht genügend erklärt, classificirt und von den angrenzenden Ablagerungen getrennt. Selbst die vorgeschlagenen Mittel und Wege zur Erklärung der Bildung der Flussthäler haben viel Phantastisches und einen anderen, einem weit früheren Zustand der Wissenschaft eigenen Charakter, der durchaus nicht mit dem jetzigen zu vereinbaren ist. Der grosse Process der Denudation hat die russischen Geologen wenig interressirt und wurde von ihnen wenig angewandt bei Erklärung geologischer Processe erforschter Gegenden. Indem ich mich nicht in weitere Kritik des wenigen literärischen Materials über diesen Gegenstand einlassen will, gedenke ich weiter unten die drei, in russischen geologischen Arbeiten, vorherrschenden Ansichten, hinsichtlich der Bildungsarten unserer Flussthäler näher zu besprechen. Den sich für diese Frage mehr interressirenden Leser, verweise ich auf die letzte Arbeit des Herrn W. W. Dokutschajew[1]). Alles vor Herausgabe dieser Arbeit (welche ich unten einer näheren Besprechung unterziehen werde) Geschriebene hat kaum mehr als historisches Interresse. Den grossen Werth und das Verdienst der Arbeit des Herrn W. Dokutschajew, welche natürliche Erklärungen vieler mit dem Bau unserer Flussthäler eng verbundener Erscheinungen giebt, anerkennend, kann ich sie nicht als letztes Wort der Wissenschaft betrachten. Mein vorliegender Artikel ist eine Gruppirung von Beobachtungen, das Resultat vieljähriger detaillirter Untersuchungen der Flussthäler des Bassins der oberen Wolga und Oka. Diese Beobachtungen umfassen jetzt schon eine Areal von 200 Tausend Quadrat.-Werst, auf welchem ich durchgehend jeden kleinsten Fluss gründlich erforscht habe. Der erwähnte Flächenraum umfasst die

1) W. Dokutschajew. Bildungsweise der Flussthäler des europäischen Russlands. St.-Petersburg 1878 (russisch).

Gouvernements: Moskau, Jaroslaw, Kostroma und ansehnliche Theile der Gouvernements Twer, Wladimir, Rjasan und Tula. Weit entfernt meine Erklärungen der Erscheinungen als universale auszugeben, bin ich überzeugt, dass die Natur dieselben Resultate auf verschiedenen Wegen erreichen konnte und werde bemüht sein klar zu stellen wie der Schichtenbau und die Form einiger Fluss-Thäler des mittleren Russlands erklärt werden können durch verschiedene im Leben und Wesen dieser Thäler in jetziger Zeit zu beobachtende Erscheinungen und geologische Processe.

Der genannte Flächenraum meiner Untersuchungen trägt wirklich und unbestreitbar die Spuren von Meeres-Ablagerungen solcher Epochen, die mit der unteren Kreide-Periode endeten. Seit der Zeit wurde diese Gegend trockener Boden und war verschiedenen subärialen Processen ausgesetzt, unter welchen unzweifelhaft die Denudation die Hauptrolle gespielt hat. Dieser Zeitraum wird durch die originelle und räthselhafte Epoche der Geschiebe-Bildungen in zwei Perioden getheilt — in vor und nach dieser Epoche. Ob wir annehmen, dass während der Geschiebe-Epoche unsere Gegend wieder auf verhältnissmässig kurze Zeit vom Meere bedeckt oder unter mächtig und ununterbrochen von Nordwest her sich langsan bewegender, Eis- und Schneedecke sich befand, was übrigens weit glaubwürdiger und in jetziger Zeit von den meisten russischen Geologen angenommen wird, ist in dem gesetztem Falle ganz gleich. Unbestreitbar ist, dass wir gar keine Data haben um über die Configuration der Oberfläche unserer Gegend vor Ablagerung der Geschiebe-Schichten, welche endgiltig und durchweg diese Configuration vernichtet haben und jetzt das ganze von mir erforschte Gebiet bedecken, zu urtheilen. Stellen wir uns in diese Zeit versetzt vor, als der Gletscher oder das Meer anfingen abzunehmen (Ende der Geschiebe-Epoche). Die Richtung dieses Abnehmens war natürlich vor allem anderen von zwei Neigungen abhängig, deren Gestaltung weit früheren Epochen angehört; — ich spreche von der Ostneigung des Waldai und der Nordneigung der Orlowo-Woronjeschen devonischen Höhen. Die Alaunischen Höhen konnten nur eine Nebenrolle spielen, da sie vorzüglich aus Ablagerungen eben dieser Geschiebe-Bildungen bestehen. Wie dem auch sei, alle diese Höhen zusammen machten die allgemein vorherrschende Neigung der Gegend gen Osten aus, welche später die Hauptrichtung der Wolga, Oka und anderen bedeutenden Flüssen gab. Andererseits — die Grundsätze der gegenwärtigen Geologie im Auge habend, kann ich mir nicht vorstellen, auf welche Weise unsere Gegend, wenn sie aus dem Meeresboden oder dem Grunde der Gletscher hervorgegangen, die Configuration des Meergrundes oder Gletscherbodens beibehalten haben sollte. Da die Entblössung (von Wasser oder Eis) unserer Gegend ununterbrochen und höchst langsam vor sich ging, was durchaus nicht eine plötzliche Freilegung grosser Flächen erlaubt, mussten die subärischen Potenzen unbemerkt und Schritt für Schritt in ihre Rechte treten und den Umriss jedes an die Oberfläche tretenden Fleckens ändern. Je nach dem jede kleinste Spanne Landes hervortrat, war sie unmittelbar Denudations-Processen ausgesetzt, welche Alles was unter dem Meer oder unter Gletschern hervor ans Licht itrat, so zu sagen, in den Kreis ihrer Thätigkeit zogen. Das Verschwinden des einen, ver-

langte das Hervortreten des anderen. Unterdessen beginnen alle bis jetzt vorgeschlagenen Erklärungen für die Bildungsarten der Flussthäler des mittleren Russlands damit, dass sie den Leser zwingen, vor allem anderen sich den Meergrund vorzustellen, welcher trockenes oder vom Gletscher befreites Land geworden aber unverändert die Configuration des Meergrundes oder Gletschers streng beibehalten hat.

Jeder Flecken Landes ist von dem Augenblicke an, als er an die Oberfläche trat der **Wirkung der Luft und dem Wasser der Atmosphäre** ausgesetzt. Das Resultat ihrer Wirkung ist die chemische Veränderung und Versetzung des diesen Flecken bildenden Materials. Indem das Wasser den Sauerstoff, die Kohlensäure, organische und andere Säuren auflöst, verändert es gänzlich dieses Material; die Bewegungen des Wassers und theilweise auch der Luft, tragen es von einem Orte zum anderen. Hierdurch formiren sich an der Erdoberfläche dreierlei Bildungen: —*Alluviale*, wenn die Kraft des Wassers das Material weggetragen und wieder abgelagert hat; *Aeolische* — durch den Wind weggetragenes und wieder abgelagertes Material (Dünen, Loess nach Richthofen); *Eluviale* — wenn das Material nach Wirkung dieser Reagentien an seiner Stelle blieb. Andererseits führen dieselben Bewegungen der Gewässer, längs der Neigung des hervorgetretenen Landes, unausbleiblich Erniedrigung dieser Flecken herbei, sowie auch dadurch ein Theil des Materials wieder in das Meer gespült wird; Anders gesagt, — die **Denudation**, welcher wir am meisten die launenhaften Einzelheiten des Umrisses unserer Erdoberfläche verdanken, tritt in ihre Rechte. Wie gross die Masse dieses weggeschwemmten Materials ist und wie wenig sie von Vielen in Betracht gezogen wurde, beweisen z. B. die Arbeiten einiger englischer Geologen[1]). Da nun aber unter dem Einfluss der verschiedensten, meistens rein mechanischen Ursachen, die Thätigkeit des Wassers und der Luft nicht gleichmässig nach allen Richtungen gehen und auf jeden kleinen Theil wirken kann, führt die Denudation nicht nur zur Erniedrigung, sondern auch mehr oder weniger zu einer gewissen Durchfurchung der Gegend. Der Umriss der Oberfläche formirt sich nur im Allgemeinen durch die «hebende Kraft», welche die Regelmässigkeit der Schichtung der Erdmassen verletzt. Als Hervorbringer des jetzigen Reliefs ist beinahe ausschliesslich die Denudation zu betrachten. In Gegenden, wo die Regelmässigkeit der Schichten verletzt ist, verdanken wir das felsenartigen Aussehn der Gegend der Denudation. In ebenen Gegenden bedingt sie die Schluchten und launenhaften Formen der Flussthäler.

Jeder, wenn auch wenig erfahrene Geologe hat natürlich **die Entstehung von Schluchten** beobachtet; ein solche Vorgang musste schon vielfach auf jedem Theile unseres Landes zu Ende der Geschiebe-Periode beginnen. Unter dem Gletscher entstandene Bäche mussten ihr Werk noch vor Verschwinden des Gletschers, (an gesetzter Stelle) beginnen und das Bett für die zukünftigen Schluchten und Flüsse vorbereiten, ähnlich wie auch jetzt

1) Ramsay, On the Denudation of South Wales etc. Memoirs of the Geolog. Survey of Great Britain, Vol. I. Hugh Miller. The Old Red Sandstone.—Geikie. Quart. Journ. Geol. Soc. XXVII, p. 303.—Green. Physical Geology 1882, p. 571.

solche Processe vor sich gehen. Auf jeden Fall: verschiedene chemische Verbindung und Auflösbarkeit der die Schichten bildenden Elemente, verschiedene zufällige Unebenheiten, Spalten und dergl. bedingen die Richtung, Schnelligkeit der Vergrösserung, Vertiefung und Erweiterung der Schluchten. Die Schlucht entsteht zunächst durch Einwirkung des atmosphärischen Wassers; nachdem sie sich so immer mehr und mehr vertieft hat, durchbricht sie endlich die wasserführende Schicht und bewirkt schliesslich das Hervortreten einer Quelle. Von diesem Augenblicke an ist der Uebergang der Schlucht in einen Fluss vollendete Thatsache. Aber eine strenge Grenze zwischen Schlucht und Fluss zu ziehen, ist unmöglich. Wir haben Schluchten, in welchen Ströme nur bei allgemeinem hohen Wasserstande, im Frühjahr, fliessen; im Sommer dagegen trocknen sie völlig aus oder zerfallen, was besonders häufig im mittleren Russland vorkommt, in eine Reihe kleiner Wasserbehälter, welche aber an der Oberfläche mit einander keine Verbindung haben. Andererseits giebt es viele Flüsse von bedeutender Grösse, die ganz dieselben Eigenschaften haben. Diese Eigenthümlichkeit hängt gänzlich von Nebenumständen ab, die mit den Eigenschaften des Flusses nichts gemein haben, da das Verschwinden des Wassers im Flusse von verschiedenen Atmosphärilien, oder dem Grade der Durchdringlichkeit des Bodens abhängt. Ueberhaupt scheint mir, dass die Feststellung einer strengen Grenze zwischen einer grossen Schlucht und einem Flusse eine völlig müssige ist.

Was wird aber das weitere **Schicksal des Materials** sein, das mehr oder weniger chemisch und mechanisch verändert **vom Wasser in Bewegung gebracht** wurde? Ein Theil wird nach und nach weggespült und weitergetragen, wie von der Kraft des Wassers selbst, so auch, aber unzweifelhaft weit mehr, von der Kraft der Stösse, welche die auf dem Grunde liegenden Theile, von den festen suspendirten und sich schon im Wasser bewegenden Theilchen erhalten. Die Untersuchungen verschiedener, Seen durchschneidender Flüsse ergeben gewöhnlich, dass die «wegspülende Kraft» dieser Flüsse, beim Austritt aus dem See, wo das Wasser den grössten Theil der suspendirten festen Theilchen durch Niederschlag im stehenden Wasser des Sees verloren, verhältnissmässig sehr gering ist, was eigentlich die lange Existenz des Sees ermöglicht. Als Resultat dieser Uebertragung der festen, harten Theilchen vom Ursprunge des Flusses zur Mündung, ergiebt sich einerseits, dass die festen Theile ins Meer gelangen, andererseits — Vertiefung und Erweiterung des Flussbetts und des Flussthals, wobei aber die Tiefe des Thales wie von der Zeit der Existenz des Flusses, so auch von der lebendigen Kraft der Strömung, der Menge der festen suspendirten Theilchen und den Eigenschaften des das Flussbett bildenden Bodens bedingt wird. Letztere Ursache, sowie alle anderen die freie Strömung hemmenden Hindernisse haben auf die Breite des Thals den grössten Einfluss.

Der andere und gewöhnlich weit grössere Theil des veränderten und weggetragenen Materials sondert sich durch Waschen im Flussbett ab, indem hiermit dem Alluvium der Anfang gegeben wird. Die Beschaffenheit und Grösse dieser Ablagerungen hängen natürlich von Grundgesteinen ab, welche ihnen als Rohmaterial dienten; aber zu gleicher Zeit werden

sie auch wesentlich von den Veränderungen des lebendigen Stromes beeinflusst. Da sich diese Kraft fortwährend in Zeit und Raum ändert, erscheint das Material der Ablagerungen höchst verschiedenartig, nicht nur in ein und demselben Flussthale, sondern sogar in ein und demselben Schichtencomplex einer beliebigen Stelle dieses Thales. Das ist der Grund der feinen schieferigen Beschaffenheit und abwechselnden Aufeinanderfolge der Schichten, welche die Alluvial-Ablagerungen charakterisirt und sie streng von den mit ihnen oft verwechselten Eluvial- und Geschiebe-Schichten unterscheidet. Zu bedauern ist, dass in den speciellen geologischen Beschreibungen diese Eigenthümlichkeiten des Alluviums wenig beachtet wurden. Deshalb verlieren diese Arbeiten für den Gelehrten den grössten Theil ihrer Bedeutung, wenn er aus ihnen die alluvialen Bildungen der russischen Flüsse studiren und dieselben von solchen Ablagerungen unterscheiden und abgrenzen will, die ihnen zwar nahe stehen, jedoch von andrer Herkunft und andrem Typus sind. Die schieferige Beschaffenheit und abwechselnde Aufeinanderfolge der Schichten der Fluss-Thäler des mittleren Russlands hängt grösstentheils ab von den mächtigen Aenderungen der lebendigen Kraft des Stromes während des hohen Wasserstandes im Frühling, sowie von den neuen Krümmungen, welche der Strom in seiner allgemeinen Richtung gleich nach Ablagerung frischen Alluviums an neuen Stellen erhält.

Das Alluvium-Material, welches die Flüsse an verschiedenen Stellen ihres Bodens ablagern, untersuchend, finden wir, dass an seichten und überhaupt an Stellen schnellerer Strömung, sich Sand absetzt; dagegen lagern sich an Stellen, wo die Schnelligkeit des Stromes gehemmt wird, oder sogar gänzlich aufhört, wie z. B. in tiefen Flusskesselthälern, Flussbuchten, und alten Flussbetten feinkörnige Lehm- und Thon-Arten ab. Gut durchgewaschene, grobe Körnchen charakterisiren den Alluvial-Sand. Die *Sandschichten* sind gewöhnlich von blassgelber, graulicher und oft von weisser Farbe. Nur durch den Einfluss von Nebenursachen, z. B. des von oben durchsickernden Wassers, wird der Sand eisenhaltig und nimmt in solchen Fällen eine röthlich-braune Farbe an; in manchen Fällen wird er von dem Eisen-Oxyd, zu einem lockeren eisenhaltigen Sandstein gebunden. Dieselbe Ursache, leichte Wasserdurchdringlichkeit, bedingt seine Armuth an organischen Ueberresten. Indem ich Durchschnitte in dem Sande machte, welcher an seichten Stellen oft die Ufer unserer Flüsse begrenzt, war ich stets von der Menge Conchylien: Unio und Cyclas, an der Oberfläche, von der gänzlichen Abwesenheit derselben aber bereits in unbedeutender Tiefe, betroffen: die Conchylien waren eben schon aufgelöst. Kleine Steinchen und noch mehr Geschiebe-Blöcke sind eine sehr seltene Erscheinung in solchem Sande und ihre Anwesenheit hängt stets von zufälligen Umständen und Gründen ab.

Die verschiedenen Arten *des alluvialen Lehms* sind nicht weniger charakteristisch. Dieser Lehm ist von zweierlei Farbe: 1) *Grauer*, mehr oder weniger *schlammiger Lehm*, dessen Farbe von den organischen Bestandtheilen abhängt, die gewöhnlich in grosser

Menge eindringen. Zuweilen geben die oft in grosser Menge durch Reaction der organischen Bestandtheile entsäuerten Eisenverbindungen diesen Lehmen eine grünliche oder bläuliche Schattirung. Das blaue phosphorsaure Eisensalz (Vivianit) sammelt sich in solchem Lehm zu Nestern an, was als vorzügliches Kennzeichen seiner Herkunft dient. Braune unregelmässige Flecken charakterisiren die Stellen, an welchen die Wirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre die entsäuernde Potenz der organischen, bituminösen Bestandtheile übertraf. Die Quantität der Sand- und Kalk-Theile ist im Alluvial-Lehme höchst unbeständig, so dass er manchmal in Thon, manchmal entgegengesetzt in Mergel übergeht. Dieser Lehm ist das Resultat des Niederschlags des Fluss- und Seeschlamms in ruhigem oder langsam fliessendem Wasser. 2) *Lehm*, von *chocolade-* oder *caffebrauner Farbe* findet sich haupsächlich in den Thälern grosser Flüsse und seine massenhaften Ablagerungen bilden an den Ufern hohe Entblössungen. Ich glaube, dass diese Lehmart ihre Entstehung der unmittelbaren Ablagerung, an den im Frühjahr unter Wasser gesetzten Stellen, des dieselbe Farbe habenden Flussschlamms verdankt; während der Wasseraustretungen werden Stückchen des braunfarbigen Geschiebe-Lehms in ungeheurer Menge weggespült und gelangen somit in das Flussbett. Die organischen Bestandtheile des Flusswassers haben in Folge des raschen und massenhaften Niederschlags dieser Theilchen, nicht Zeit das Pigment ihres Eisenoxyds zu entsäuern. Die Undurchdringlichkeit dieser Schichten für Wasser hindert ihre weitere etwaige Veränderung. Manchmal ist es schwer diesen braunfarbigen Alluvial-Lehm von Geschiebelehm zu unterscheiden, besonders wenn in letzterem der Inhalt an Geschieben gering ist; man darf sich aber nur erinnern, dass die Farbe des Alluviallehms stets dunkeler und er von feinen Pflanzen-Ueberresten durchdrungen ist.

Die Alluvium-Ablagerungen begleiten gewöhnlich *Torfschichten*, welche im Durchschnitt stets mehr oder weniger geschlossene Bassins vorstellen und deren Bett grauer oder hellblauer Lehm bildet. Das Material dieser Torflager, bald mehr moosig, bald mehr holzhaltig, hängt natürlich von dem Charakter des Wachsthums ab, welches es einst bedeckt hat. Diese Torflager sind unzweifelhaft das Endresultat der Verschüttung und Durchwachsung früherer Flussbetten, in welchen der Strom versiegte. An manchen Stellen gesellt sich noch zu diesen Schichten der originelle *Kalktuff*, welcher stets lehmig ist und mehr oder weniger intensiv von Eisenoxyd gelb gefärbt wird. Diese Kalksteinlager haben im Durchschnitt auch den Anschein geschlossener Mulden. Aus Beobachtungen lässt sich der Schluss ziehen, dass der Kalktuff seine Herkunft solchen Strömungen verdankt, welche doppeltkohlensauren Kalk in das Flussbett bringen, wo selbiger je nach dem Verluste der Kohlensäure an dem gewöhnlich mit Gewächsen bedeckten Grunde abgelagert wird. Diese Gewächse gaben dem Präcipitat seine launenhaften Formen, die uns nicht selten erlauben die Gewächsarten zu unterscheiden, welche von ihm dicht umgeben waren. Solcher Kalktuff ist am öfftersten in kalkreichen Gegenden anzutreffen. Uebrigens, habe ich ihn auch in weit von der Kalkstein-Formation entfernten Gegenden, als Präcipitat des kalkreichen Geschiebelehms angetroffen. In diesem Falle haben wahrscheinlich die unzähligen Geschiebe-

Blöcke aus Kalkstein als nothwendiges Material gedient. Indem wir jetzt noch der Anhäufung des *Eisenoxydhydrats* (im Raseneisenerz) an manchen Stellen erwähnen, haben wir das ganze Material der Alluvium-Thäler der Flüsse des mittleren Russlands besprochen.

Organische Pflanzen- und Thierüberreste (Knochen und Muscheln) sind in all' diesen alluvialen Bildungen reichlich aufzufinden. Sie gehören alle in jetziger Zeit lebenden Arten an. Unter den Conchylien sind die Ueberreste der Süsswasser- und Landmollusken zu fast gleichen Theilen vermengt. Für denjenigen, der diese Conchylien aus dem Schutt, welchen die Wellen während dem Austreten des Wassers im Frühling an das Ufer werfen, gesammelt, ist solches Verhältniss der Zahl der Muscheln vollkommen verständlich. Die kleinen Conchylien der Landmollusken füllen sich nach dem Tode dieser Thierchen mit Luft, werden vom Regen und Regenbächen weggespült und dem Flusse zugetragen; im Frühling werden sie wieder weitergetragen und lagern sich zu Myriaden auf den überschwemmten Wiesen ab.

Was irgend welche Regelmässigkeit der Reihenfolge all' dieser Alluvial-Bildungen betrifft, so muss ich solche entschieden verneinen, wie theoretisch, so auch auf Grund der Masse beobachteter Thatsachen. Am Fusse aller Alluvial-Entblössungen, wo solche bis zu den Grundgesteinen reichten, habe ich wie Sand, so auch Lehm angetroffen.

Die Richtung des Flussbetts in gebirgslosen Gegenden hängt vor allem anderen von der lebendigen Kraft des Stromes und zu gleicher Zeit vom Grade der Neigung ab. In Gegenden, in welchen das Gefälle des Wassers stark ist, nähert sich die Richtung des Flusses der geraden Linie; je geringer es aber ist, desto mehr krümmen verschiedene Widerstands-Kräfte den Strom und zwingen ihn die Richtung des kleinsten Widerstandes einzuschlagen, wodurch er endlich diese schlängelnde Form erhält, welche unsere russischen Flüsse charakterisirt. Dies gilt überhaupt für den grössten Theil der Flüsse, die in Ebenen von geringer Neigung strömen und deren Oberfläche obendrein noch mit lockeren, leicht zerstörbaren Arten von Sand, Lehm etc. bedeckt ist. Wenn die Schnelligkeit der Strömung gering ist, zwingt sie jeder kleinste Umstand, der die Widerstands-Kraft in irgend welcher Richtung ändert, nach dieser oder jener Seite von der geraden Linie abzuweichen. Diese Abweichungen folgen gewöhnlich den Gesetzen der Kräfte-Reflexionen: Die Richtung des Stromes nach und vor der durch die Hindernisse hervorgerufenen Ablenkung bildet gleiche Winkel mit der Reflexionsfläche dieses Hindernisses, und die «spülende Kraft» des Stromes macht an Stelle der Entstehung des Hindernisses das Flussbett bogenartig. Nach solcher Abweichung der Strömung von der allgemeinen Richtung der Neigung, muss natürlich eine bogenartige Krümmung nach der anderen Seite erfolgen, bis ein neues Hinderniss nicht wieder die Richtung des Stromes ändert.

Die Wirkung des Flusses auf seine Ufer beobachtend, sehen wir, dass gewöhnlich ein Ufer, und zwar dasjenige, nach welchem, unter Einfluss verschiedener Kräfte, der Strom

gerichtet ist, vom Wasser theilweise weggespült wird und in Folge dessen, mehr oder weniger, steile Wände das Flussbett begrenzen; das andere, entgegengesetzte, gewöhnlich seichte Ufer wächst dagegen durch Ablagerung der Präcipitate, welche mit Abnahme der Schnelligkeit des Stromes an diesen Stellen ihre Bewegungskraft verlieren. Da aber jede Verletzung des Umrisses der Ufer unausbleiblich auf die Richtung des Stromes wirkt, und folglich auch auf die allgemeine Richtung des Wasserbetts, so können diese, eigentlich geringen Ursachen, solch' grosse Folgen haben, dass sie das Bett an eine andere Stelle versetzen. Besonderen Einfluss hat hierauf die Richtung des Wassers im Frühjahr. Im Verlaufe des Sommers kann der Strom, das eine Ufer zerstörend, das andere anschwemmend, in solchem Grade den Umriss der Ufer ändern, dass das Hochwasser eine andere Richtung nimmt und sich einen neuen Weg bricht. Dieser neue Weg, von Jahr zu Jahr sich mehr entwickelnd, wird endlich beständiges Flussbett. Das alte fängt gewöhnlich von seinem oberen Ende an sich zu verengern, bis die Verbindung mit dem neuen gänzlich verschwindet. Alte Flussbetten von solcher Beschaffenheit tragen bei uns im mittleren Russland die charakteristische Benennung — Stariza und Sawodje (altes Flussbett und Flussarm). Noch lange Zeit nachher dienen solche alte Flussbetten als Abzugscanäle des austretenden Wassers im Frühjahr; aber auch der untere Theil wird mit der Zeit durch Ansammlung von Schlamm verschüttet und das alte Flussbett gestaltet sich am Rande des neuen Flusses zu einem See, an welchen die Flussthäler des mittleren Russlands so reich sind. Das weitere Schicksal eines solchen Sees ist allmählige Ueberfüllung mit schlammigem und lehmigem Bodensatz (während der Ueberschwemmungen im Frühjahr); Durchwachsung von Pflanzen und Verwandlung in Torf-Morast bis zur Zeit der gänzlichen Austrocknung und gleichzeitigen Vertiefung des Flussbettes und der hiermit verbundenen Erniedrigung des Wasserstandes im ganzen Flussthal. Alle diese Stadien zeigen sich dem Geologen auf jedem Schritte in jedem mehr oder weniger grossen Flussthal des inneren Russlands. Doch wirken selbstverständlich noch eine Menge anderer Ursachen auf Veränderung der Richtung des Stromes und somit auf den Umriss der Form des Flussbettes. Diese Ursachen bestehen in allem, was die Menge und Vertheilung des Wassers im Flusse ändert, wie: Veränderlichkeit des Klima's; Hervortreten neuer Quellen und Verschwinden der alten; Veränderung der Neigung des Flussthals und endlich alle Fälle der natürlichen (durch Verlängerung der Schluchten) oder künstlichen Verbindung eines bestimmten Fluss-Systems mit anderen Wasserbehältern. Aber dies sind meiner Meinung nach Ursachen von bei weitem nicht so allgemeinem Charakter, wie die oben genannten.

Von den Veränderungen des Wasserbettes in den Flussthälern des mittleren Russlands sprechend, muss ich auf eine vollkommen falsche Erklärung dieser Veränderungen oder Versetzungen hindeuten, nämlich, dass selbige die Länge des Flussbettes kürzer und geradliniger machen. Meine Beobachtungen haben nichts Aehnliches ergeben; im Gegentheil, an vielen Stellen habe ich diametral Entgegengesetztes beobachtet — die Thäler nahmen, wie oben gesagt, eine mehr gerade oder gekrümmte Richtung in Folge von Ursachen an, welche mit dem Flusse

selbst nichts gemein haben. Aehnliche Beobachtungen kann man an jedem Flusse, welcher oft die Richtung seiner Strömung ändert, anstellen. Als Beispiel können im Gebiet meiner Untersuchungen die Nebenflüsse der Wolga: — die Mologa, Scheksna, Kostroma, Unsha und andere dienen. Der oben genannten irrthümlichen Meinung schliesst sich auch Herr Dokutschajew an[1]); aber mit der Ansicht des Herrn Green[2]) bin ich weit mehr einverstanden, der annimmt, dass zugleich mit der Abnahme des Falles durch die Denudation, durch die deltaförmige Verlängerung der Flüsse bei ihrer Mündung und endlich durch die Vergrösserung der alluvialen Massen und Erweiterung der Flussthäler, die Flüsse sich mehr und mehr krümmen, obgleich auch einzelne Fälle der Verkürzung des Flussbettes vorkommen können. Mir scheint, dass Herr Dokutschajew in seinem Werk nicht bewiesen hat, dass in früheren Zeiten die Flüsse mehr schlangenartig waren, obgleich dies sehr wichtig gewesen wäre, um die Richtigkeit und Universalität seiner See-Hypothese der Entstehung der russischen Flussthäler zu bekräftigen.

Die fortwährende, wenn auch langsam vor sich gehende Zerstörung der ursprünglichen Ufer, und zwar eine desto energischere, je lockerer das sie bildende Gestein ist, führt, verbunden mit Veränderung der Richtung des Flussbetts, zur Erweiterung des Flussthals. Bei Flüssen, welche in meridionaler Richtung strömen, werden diese Veränderungen des Flussbetts, sowie die Erweiterung der Flussthäler einigermassen durch Baer's Gesetz beschränkt. Laut diesem Gesetz muss das rechte Ufer, das der zerstörenden Kraft des Wassers auf Grund der verschiedenen Rotation verschiedener Breiten mehr ausgesetzt ist, steil und hoch sein, während am linken, entgegengesetzten, als dem Druck des Flusswassers weniger ausgesetzten sich Alluvial-Präcipitate ablagern müssen. Schon ein einziger Blick auf einen beliebigen grossen Fluss genügt, um die Richtigkeit dieser Thatsache und ihrer Erklärung zu sehen. Dennoch waren Erwiderungen häufig, wobei selbige auf Erforschungen des jetzt von mir studirten Landstriches beruhten. Mir scheint aber, dass alle Erwiderungen von schwacher Kenntniss dieses Gesetzes und dem engen Rahmen in welchen man es stellt, herrühren. Ich kann hier nicht umhin darauf hinzudeuten, dass diese Erwiderungen unter anderem auf Untersuchungen des Theils der Wolga, der im Kineschma'schen Kreise fliesst, beruhen; dort strömt nämlich dieser Fluss in der Richtung des Parallelkreises und folglich konnte Baer's Gesetz nicht angewandt werden. Und wirklich, meine Untersuchungen der Ufer in dieser Gegend, sowie auch vieler anderer Flüsse ergaben, dass die Richtung des Flussbetts wesentlichen Einfluss auf die Form der Ufer hat. Bei meridionaler Richtung geben das rechte und linke Ufer scharf hervortretende Contraste — der ansehnlichen Höhe des rechten Ufers liegt die breite, flache Ebene des linken gegenüber. Sobald sich die Richtung des Stromes ändert, fangen auch die Eigenschaften der Ufer an sich zu ändern. An Stellen der Strömung in Richtung des Parallelkreises, können wir oft Ufer von beinahe gleicher Höhe und unvoll-

1) l. c. Seite 146.

2) Green. Physical Geology. p. 605.

lendetem Umriss beobachten, die aus Geschiebelehm bestehen, auf welchem sich auf der einen, wie auf der anderen Seite Alluvial-Massen ablagern. Mir scheint, dass man bei Beurtheilung von Baer's Gesetz nicht vergessen darf, dass seine Richtigkeit nur eine bedingte ist, dass es eine Menge Lokalursachen giebt, welche die Richtung des Stromes und folglich auch die Zerstörung dieses oder jenes Ufers beeinflussen. Endlich um die Wirkung der Rotation der Erde auf die Zerstörung der Ufer zu bemerken, bedarf es, vor allem anderen, einer grossen Menge sich bewegenden Wassers. Das ist der Grund wesshalb bei kleinen Flüssen, wenn sie auch in Meridional-Richtung fliessen, dieses Gesetz weniger bemerkbar hervortritt. Dagegen, — je grösser der Fluss und je mehr wir uns seiner Mündung nähern, desto schärfer tritt Baer's Gesetz hervor. Man muss staunen, dass dieses Gesetz in der That von so weittragender Bedeutung ist, dass eine mächtige Kraft, ungeachtet aller lokalen Hindernisse, den Fluss zwingt hauptsächlich sein rechtes Ufer zu zerstören. Eine solche Kraft muss einfach und universal sein; Herr v. Baer fand sie in der Rotation der Erde, und so lange, wie keine andere, ebenso universale und einfache Erklärung vorgeschlagen wird, müssen wir die Theorie Baer's zur Erklärung der Menge des factischen Materials annehmen, dessen Werth nicht einzelne Ausnahmen, dabei noch durch Nebenursachen erklärbare, untergraben können. Von anderen Ursachen, die in eine Reihe mit der Theorie des Herrn v. Baer gestellt werden könnten, können wir höchstens den Einfluss nennen, welchen die Richtung der vorherrschenden Winde und hierdurch das Anprallen der Flusswellen hauptsächlich an das eine Ufer haben. Wir müssen uns stets errinnern, dass jede Naturerscheinung an der Erdoberfläche complicirt ist, dass sie das Resultat vieler und verschiedener Ursachen ist; oft gelangt die mächtige Hauptkraft, durch die Menge der ihr entgegenwirkenden einzelnen Kräfte und Ursachen unterdrückt, zu keinem Endresultat.

Was **die Form des Flussthals** betrifft — seine Breite, Tiefe und seine Ufergestaltung, — wie verschiedener Flüsse so auch eines und desselben an verschiedenen Stellen seiner Strömung, so hängt dies alles von einer grossen Menge höchst complicirter Ursachen ab. Alle Veränderungen der lebendigen Kraft des Flusses, von welchen wir oben gesprochen, spielen vor allem anderen eine sehr wesentliche Rolle. Der Einfluss, durch gewöhnliche Beobachtung schwer bemerkbarer Hindernisse kann den Fluss zwingen an einer Stelle ganze Jahrhunderte in ein und demselben Flussbett zu fliessen, wobei er nicht im Geringsten sein verhältnissmässig schmales Thal erweitert, währenddem an einer anderen, unweit von dieser gelegenen Stelle, derselbe Fluss fortwährend die Richtung seines Laufes ändert, und das Thal bis zu einigen Kilometern erweitert. Das, was dem Beobachter in Gebirgsgegenden (wo die Hindernisse der Strömung augenscheinlich sind) in die Augen fällt, wo die Form des Flussthals hauptsächlich vom Relief der Gegend abhängt, an dessen Gestaltung der Fluss verhältnissmässig wenig Einfluss gehabt, entzieht sich in den Ebenen Russlands der Beobachtung, ohne aufzuhören vorhanden zu sein und bei den Resultaten der Veränderungen des Fluss-

betts und der hiervon abhängigen Form des Flussthals scharf hervorzutreten[1]). Ich kann hier die Abhängigkeit dieser Formen von den Bestandtheilen und der gegenseitigen Lagerung der Gesteinsarten, welche das Bett und Ufer des Flussthals bilden, nicht unbemerkt lassen. Ein erfahrenes Auge ist im Stande oft sogar von Weitem und selbst nach den bewachsenen Ufern, ihren geologischen Bau zu errathen. In dem von mir erforschtem Gebiet war es z. B. oft genügend, die charakteristischen terrassenartigen, in bogenförmigem Umriss hinabgerutschten, hohen Ufer zu sehen um den Jura zu errathen. Hohe, senkrechte Ufer mit flachem Gipfel verriethen mächtige Kalksteinmassen. Die bruchstückartigen hinabgerutschten Ufermassen, welche eher an Verwerfungen errinnerten, die nach inneren, aus dem Schoos der Erde hervorgegangenen Ursachen sich bildeten, charakterisirten den bunten Mergel der Trias. Aber beinahe den Haupteinfluss auf den Umriss unserer Ufer hat die relative Lage der Schichten des, für meinen Bezirk universalen, Geschiebe-Systems. In dem prädominirenden Falle, wenn an der Oberfläche eine starke Geschiebe-Lehmschicht und unter ihr Sand lag, der vom Haupt-Strom und seinen Nebenflüssen schon durchbrochen war, rutscht diese Schicht am Sande hinab und die Ufer erhalten den Umriss kuppelartiger Hügel, mit runden Abhängen und vielen Schluchten. Aber sobald diese Lehmschicht unbedeutender ist, Geschiebesand und darunter liegende Sandgesteine prädominirend werden, verschwinden die Hügel und Schluchten, das Thal wird tief, manchmal schmal mit äuserst steilen und hohen Ufern. Das beste Beispiel dieser Art Abhängigkeit der Gestaltung der Thäler von Veränderung der Geschiebe-Bildungen gab mir die Untersuchung des malerischen Bassins des Flusses Jachroma im Gouvernement Moskau.

Der Querdurchschnitt breiter Flussthäler grosser Flüsse verdient besondere Aufmerksamkeit. In verhältnissmässig wenigen Fällen ist das Flussthal im ersten Stadium seiner Entwickelung stehen geblieben. In diesem Zustande stellt es eine schwache, flache Vertiefung mit schwach hervortretenden Rändern vor. Die Durchschnitte des Ufers stellen eine nicht ganz durchbrochene Geschiebelehm-Masse vor, welche an beiden Ufern von Alluvium bedeckt ist, das hauptsächlich aus kaffefarbigem alluvialem Lehm besteht. In den meisten Fällen ist der Geschiebe-Lehm nur von einer Seite (wie dies auf unserer Fig. *a* dargestellt ist vom Alluvium entblösst. Derartig sind die Ufer der Wolga unterhalb Jaroslaw und in der Nähe der Grenze des Gouvernements Moskau.

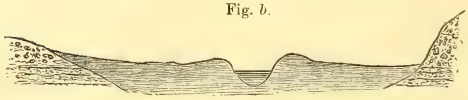
Fig. *a*.

Der zweite Typus der Querdurchschnitte der Flussthäler sind Vertiefungen, mit scharf her-

1) In dem unlängst erschienenen Jahrbuch der Preussischen geol. Landesanstalt für das Jahr 1882, finden wir die vorzügliche Arbeit Klockmanns über den Einfluss der Configuration einzelner Stellen des Landes auf die Form der Flussthäler und die Lage der steilen senkrechten Ufer der Flüsse der germanischen Niederung. Das späte Erscheinen dieser Arbeit erlaubt mir nicht die aus ihr zu ziehenden Folgerungen in den Text meines Artikels einzuflechten.

vortretenden, mehr oder weniger steilen Seiten, welche eine Reihe Höhen oder zweite Ufer vorstellen, die aus Geschiebeschichten oder älteren Gesteinsarten bestehen. Diese Vertiefungen sind von Alluvium-Präcipitaten angefüllt, deren Oberfläche leicht nach der einen Seite geneigt, beinahe horizontal, ist. Irgendwo in Mitte dieser Präcipitate hat der Fluss sich Weg gebahnt und fliesst zwischen vollkommen einförmigen, gleichen alluvialen Ufern. Manchmal, wenn der Fluss in Gegenden, deren Neigung sehr gering ist, fliesst, sind die Ufer bemerkbar höher, als das übrige Flussthal und der Strom schlängelt sich wie zwischen hohen Erdaufwürfen (auf Fig. b gezeigt). Ich habe eine ähnliche Erscheinung an der oberen Strömung der Kostroma und ihrem Nebenflusse Tutka beobachtet.

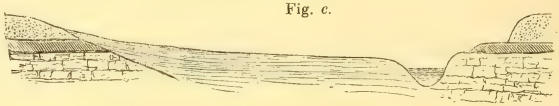
Fig. *b*.



Der dritte Typus, meist anzutreffen bei Flüssen, die in Meridionalrichtung strömen, stellt eine Variation des vorigen vor. Bei Anwesenheit ähnlicher zweiter Ufer und eines ebensolchen Alluvium-Thales, schlängelt sich der Fluss gewöhnlich in der Nähe des rechten dieser Ufer. Dieses ist zu gleicher Zeit das erste, welches die Kraft des Wassers wegspült, während das entgegengesetzte erste Ufer gleichzeitig und unbemerkt in das Alluviumthal übergeht, das sich schwach bis zu dem entsprechenden (gewöhnlich linken) zweiten Ufer erhöht.

Dieser Typus kann seinerseits noch eine Variation haben (Fig. *c*.), wenn das hohe

Fig. *c*.



durch Wasser zu zerstörende Ufer aus Grundgesteinen verschiedenan Alters, verschiedener Cohäsion besteht. In solchem Falle bildet der Fluss an diesem Ufer eine Reihe von aus Grundgesteinen bestehenden Terrassen; die Zahl dieser Uferterrassen kann natürlich verschieden sein und hängt von der Zahl und den Eigenschaften der Grundgesteine, die im Durchschnitt liegen, ab. Derartig sind z. B. die Terrassen an der Grenze der Wolga- und Oxford-Etagen oder Oxford- und Kelloway-Etagen des Rybinski'schen Jura. Die Bildung solcher Terrassen ist vollkommen verständlich. Im Frühling erreicht das Wasser die sandigen Hügel der Wolga-Schichten, zerstört und spült sie weg, auf lange Strecken den Lehm der Oxford-Etage entblössend. Aber auch dieser letztere sandreiche Lehm, der näher dem ersten Ufer liegt und länger der Wirkung des Wassers ausgesetzt war, wird leichter als der Kelloway-Thon weggespült, noch eine neue Abstufung mit letzterem bildend.

Endlich in den östlich vom Nishnij-Nowgorod'schen Meridian gelegenen Flussthälern treffen wir wirkliche aus alluvialen Bildungen bestehende **Alluvial-Terrassen** an, so dass diese Terrassen die zweiten Ufer bilden und das Grundgestein die dritten. Zweite Ufer dieses Typus habe ich im ganzen Rayon meiner Untersuchungen des Bassins der oberen Wolga bis

Nishnij-Nowgorod und des Bassins der Oka, nirgends angetroffen, ungeachtet ich im vorigen Sommer, speciell aus diesem Grunde die Wolga entlang (von Twjer an) fuhr. Ich glaube, dass diese Bildungen in diesem Bezirk gar nicht vorhanden sind, sondern dass alle Hindeutungen auf ihre Anwesenheit, Missverständnissen und Verwechslungen dieser alluvialen Terrassen mit den weiter oben beschriebenen Terrassen der Grundgesteine oder noch häufiger mit hinabgerutschten Ufermassen zugeschrieben werden müssen. Zum Unglück ist in dieser Hinsicht das Material der meisten russischen geologischen Arbeiten so unexact, dass man es nicht gebrauchen kann um etwas mit Bestimmtheit zu behaupten oder zu verneinen. Die Autoren haben zu oberflächlich das Wort Terrasse gebraucht, welches in der europäischen Literatur eine strenge Bedeutung erhalten hat; in den meisten Fällen kennen wir sogar nicht den geologischen Bau der Terrassen, welche verschiedene Autoren angeführt haben. So ist im speciellen Werke des Herrn W. Dokutschajew gesagt, «dass die Terrassen eine allgemeine Erscheinung sind» (zu ersehen bei Durchsicht «der Flussthäler des Gouvernements Smolensk») und auf Seite 205 — dass die «Flüsse Dnjepr und Gshat Unterbrochenheit und ungleiche Zahl dieser Terrassen aufweisen können». Während die eingehendste Durchsicht der Beschreibung dieser Flüsse in demselben Werke ergiebt, dass der Autor am Dnjepr, an dessen oberer Strömung bis zur Stadt Orscha, nur an zwei Stellen, dabei auf höchst begrenzter Oberfläche kleine zweite Terrassen (eine bei Vereinigung zweier Flüsse) und eine einzige solche am Flusse Gshat angetroffen hat. Der geologische Bau auch nicht einer von ihnen ist vom Autor untersucht worden und sogar einfache Hindeutung auf die sie bildenden Gesteine ist im Werke nicht gegeben. Wenn wir solche Mängel an speciellen Arbeiten sehen, ist verständlich, welches Misstrauen flüchtig hingeworfene Andeutungen erwecken. Indessen ist das Vorhandensein von alluvialen Terrassen in den Thälern der Flüsse des westlichen und südlichen Russlands eine unbestreitbare geologische Thatsache, welche wir nicht unbeachtet lassen können. Es verdient auch Beachtung, dass ihre Entwickelung, so viel mir bekannt ist, mit der Abwesenheit von Ablagerungen der Geschiebe-Bildungen, oder wenigstens mit deren schwacher Entwickelung an der äussersten Grenze der Verbreitung des Geschiebelehms, zusammenfällt. Indem ich nicht beabsichtige die Frage über Entstehung der Terrassen im Westen Europas, welche, wie bekannt, als von Veränderungen des Niveaus der Flüsse und des Meeres[1]) herkommend betrachtet werden, zu berühren, bin ich vollständig mit den Erklärungen des Herrn Dokutschajew für die Terassen die Flüsse und Seen Finnlands einverstanden. Herr Dokutschajew sagt, dass die Terrassen dort ihre Herkunft dem Durchbrechen neuer Ströme verdanken, welche, zwei See-Systeme verbindend, deren Niveau erniedrigt haben[2]). Zu dieser Gruppe Thatsachen können wahrscheinlich auch die Beobachtungen des Akademikers Helmersen[3]) an einigen Seesystemen der Ostseepro-

1) Siehe unter den neuesten Werken z. B. Green. Physical Geology p. 635.

2) l. c. S. 95.

3) Helmersen. Peipus-See.

vinzen gerechnet werden. Aber ich bin entschieden nicht einverstanden, weder mit der unbewiesenen Hypothese des Prof. Golowkinsky, welcher vorschlägt, als Erklärung der Herkunft der Terassen, anzunehmen, dass das Kaspische Meer bis zur Breite der Stadt Kasan [1]) gereicht habe und dort Meeresablagerungen übrig gelassen hat, noch mit der nicht weniger phantastischen Hypothese der Geologen der alten Schule, welche annimmt, dass in früheren Zeiten die russischen Flüsse unendlich viel Wasser in sich aufgenommen und in neuerer Zeit, über alle Maassen seicht geworden sind. Die ungeheure Entwickelung der Ströme, welche einst der ganzen Breite nach in den Flussthälern flossen, erklären durchaus nicht die Ursachen, wesshalb zweite Alluvial-Terrassen nur im Osten Russlands vorkommen und im Bezirk meiner Untersuchungen gänzlich abwesend sind. Die Form des Flussthals selbst, mit seiner beständigen Abwechslung von Erweiterungen und Verengungen, stimmt durchaus nicht mit unserer Vorstellung des Flussbetts, dass die Breite des letzteren sich nur in verhältnissmässig kleiner Grenze ändert, überein. Aber die Haupterwiderung bleibt natürlich die vollkommene Unmöglichkeit die Quelle der vermeinten ungeheuren Wassermenge zu finden. Auf das Aufthauen des Gletschers kann man sich nach meiner Meinung nur aus Missverständniss berufen, denn so lange der Gletscher die Alaunischen Hügel nicht überschritten, hat er selbstverständlich die Fläche des Bassins der Wolga, ihr die grössten Nebenflüsse entziehend, nicht nur nicht vergrössert, sondern sogar verkleinert. Aber gleich nachdem der Gletscher obengenannte Hügel überschritten, schied er auch aus der Sphäre des Bassins der Wolga, auf welches er jetzt nicht den geringsten Einfluss hatte. Der Gletscher hat sogar die Quantität des Wassers der Flüsse im Verlaufe des ganzen Jahres regulirt, die Erweiterung ihrer Thäler gefördert und sogar der Ueberschwemmungen (im Frühling) beraubt, welche die gegenwärtige Entwickelung unserer Flüsse charakterisiren. Niemand wird bestreiten, dass die Schwankungen des Niveaus der Flüsse nach dieser oder jener Seite von der lokalen, natürlichen oder künstlichen Austrocknung der Sümpfe, von der Vertiefung der Schluchten bis zu der für Wasser undurchdringlichen Schicht oder bis zum Niveau der Quellen, von Vereinigung benachbarter Flusssysteme, von den Atmosphärilien, wie Regen, Schnee u. dgl., vom Aushauen der Wälder und s. w. abhängen. Aber alles dies hat nur nebensächlichen, auf keinen Fall vorherrschenden Einfluss. Dagegen will man uns überzeugen, dass einst kolossale, einige Kilometer breite Ströme an diesen Stellen gewesen, wo jetzt ein Fluss von 40—60 Meter Breite sich schlängelt. Dabei stellt sich noch heraus, dass die alluvialen Ablagerungen besonders gross und hoch in der Nähe des Urals sind, wo die Entwickelung der Gletscher bis jetzt nicht konstatirt ist. Ueber die Hypothese des Herrn Golowkinsky eingehend zu sprechen, ist unnöthig, da sie jeder thatsächlichen Basis beraubt ist. Es ist genügend, wenn wir sagen, dass sie auf der jetzt verworfenen Hypothese der diluvialen Herkunft des Geschiebelehms beruht und die Annahme einer Reihe von Hebungen und Senkungen unserer Gegend in der

1) Golowkinski. Postterziäre Bildungen an der Wolga (russisch) 1865.

Geschiebe-Epoche verlangt, wozu wir aber entschieden nicht die geringsten Anhaltspunkte haben. Mit dieser Hypothese der postterzlären Meeresablagerungen im Gebiete der mittleren Wolga und Kama ist entschieden alles unvereinbar, was wir über die zweiten Terrassen der Flussthäler des östlichen Russlands wissen, nämlich: 1) ihre Unbeständigkeit und Unterbrochenheit; 2) ihr Vorkommen auf den verschiedensten Niveaus; 3) die völlige Abwesenheit verschiedener Ueberreste von Meerthieren, von Salzen und überhaupt alles dessen was die Meeres-Niederschläge charakterisirt; 4) das Vorhandensein (in den meisten Fällen) von Süsswasser- und Landconchylien in ihnen; 5) die vollständige Identität ihrer Bestandtheile und ihres Baues mit den alluvialen Bildungen; 6) Loessartiges Alluvium, das die wesentlichste Masse dieser Terrassen ausmacht, ist nur in den Flussthälern vorhanden und durch nichts wurde seine ununterbrochene Verbreitung in den Wasserscheiden Ostrusslands streng bewiesen; 7) endlich, durch die neuesten Untersuchungen der in der Nähe des Urals gelegenen Flüsse, ist die Anwesenheit dieser Terrassen auf einer Höhe von ungefähr 367 Meter(1200 Fuss) bewiesen[1]), bis zu welcher ungeheuren Höhe die Gewässer des Caspi, laut Hypothese des Prof. Golowkinsky, steigen mussten — oder, was nicht weniger phantastisch ist, so gross war die Senkung dieser Gegend, die sich aber durch weiter nichts als durch die Bildung dieser Terrassen offenbart hat.

Schon einige Mal habe ich oben die Arbeit des Herrn W. Dokutschajew[2]) berührt. — In diesem in mancher Hinsicht streng wissenschaftlich gehaltenen Werk, wird unter anderem die Ansicht ausgesprochen, dass alle, oder wenigstens der grösste Theil der russischen Flüsse in ihren ersten Perioden eine Gruppe Seen vorstellten, die sich mehr und mehr durch Vergrösserung der Schluchten verbanden, in Folge dessen ihr Niveau sich erniedrigte und sie endlich in Flussysteme sich umwandelten. Diese Idee ist natürlich das Resultat vieljähriger Beobachtungen und Untersuchungen im Gebiet der finnländischen und baltischen Seesysteme, wo derartige Umgestaltungen wirklich Platz haben und oft sogar vor unseren Augen in vergleichsweise kurzer Zeit sich vollziehen. In dieser Hinsicht und für dieses Gebiet sind die Beobachtungen und Verallgemeinungen des Herrn Dokutschajew glänzend und untadelhaft, werden mit dem grössten Interesse gelesen und ich muss mich ihnen vollkommen anschliessen. Ich gehe noch weiter: im centralen Russland, im Rayon meiner Untersuchungen können ähnliche einzelne Fälle der Vereinigung von Landseen unter einander und mit Fluss-Systemen und dadurch Erniedrigung des Niveaus stattgefunden haben. Aber ich muss auf die vorgefasste Ansicht und das Bestreben diese einzelnen Fälle zu verallgemeinern und Gesagtes als universale Ursache der Herkunft aller Flussthäler des inneren Russlands auszugeben, hindeuten. Zugleich ist mir aber auch die vorgefasste Ansicht des Geologen, der aus dem gebirgigen Finnland und den am Meere gelegenen Ostseeprovinzen in die Ebene Russlands kam, vollkommen verständlich. In Folge dessen

---

1) Derartig ist z. B. die Höhe dieser Terrassen, welche der Geologe des Geologischen Comité's Herr Th. Tschernyschev an den Ufern des Flusses Katawa, ungefähr 10 Werst vom Katawa-Iwanowschen Sawod entfernt, berechnet.

2) l. c.

finde ich es nicht für nutzlos meine Ansicht, als ein Geologe, der sich an Beobachtungen in der Ebene, hauptsächlich der russischen, ausgebildet hat, auszusprechen, indem ich sie ungeachtet des letzten Umstandes nicht als unanfechtbar richtige und einzig mögliche ausgebe. Mir scheint, dass weder thatsächlich, noch theoretisch die Existenz einer Menge Seen in der russischen Ebene nach Zurückweichen des Gletschers bewiesen ist, sowie auch überhaupt eine Gestaltung der Oberfläche, welche Bildung von Seen begünstigt haben würde. In einer Gebirgsgegend wie Finnland, wo die dem freien Strömen entgegenstehenden Hindernisse scharf ausgedrückt sind, ist der Ueberfluss an Seen vollkommen verständlich; er ist sogar verständlich in der hügelreichen Gegend des Waldai; aber das gleichzeitige Dasein von Seen und Ebenen, besonders im südlichen Theile Russlands, kann ich nicht gut fassen. Weiter oben habe ich schon darauf hingewiesen, dass bei dem unbestreitbar langsamen Zurückweichen des Gletschers man sich auch nicht einen Zeitpunkt vorstellen kann, in welchem die russische Ebene nach der Zahl ihrer Seen mit dem gebirgigen und felsigen Finnland hätte verglichen werden können, mit anderen Worten, es kann keinen Moment gegeben haben, in welchem die russische Ebene die Physiognomie einer Gletscheroberfläche angenommen hätte mit den dieser eigenen Vertiefungen, in welchen Wasser aus aufgethautem Schnee und Eis sich gesammelt: sondern da die Denudationsprocesse Schritt für Schritt in ihre Rechte traten, mussten Schluchten entstehen, die sich zu Flüssen erweiterten, ohne dass (nach meiner Theorie) Seen irgend welchen Antheil daran zu nehmen nöthig gehabt hätten. Weiter ist mir die lange Existenz der Menge Seen in Finnland verständlich, da selbige dort durch ungeheuere Felsenmassen von einander getrennt, sich bis jetzt nicht vereinigen, das Wasser sammeln und zu einem Flussystem gestalten konnten. Aber mir ist vom Gesichtspunkte dieser Theorie vollkommen unverständlich, wesshalb in ebenen Gegenden, von den einst vom Gletscher bedeckt gewesenen Gebieten die Landseen beinahe gänzlich verschwunden sind, dagegen in hügeligen von Ausläufern des Waldai bedeckten Gebieten, dessen Hügel aus lockeren leicht zerfallenden, vom Wasser leicht wegzuspülenden Materialien bestehen, sich eine Menge Seen unverletzt erhalten hat. Wo anders als dort, wo solche Verschiedenheit in der Höhe des Niveaus der Seen herrscht, wo der Neigungswinkel sehr bedeutend ist, mussten wir auch stärkere Denudation, Verbindung der Seen durch Schluchten und Abzug des Wassers erwarten. Flussysteme, deren Wasser langsam in Ebenen strömt, sind völlig der Seen beraubt, dagegen z. B. die hügelige Gegend des Waldai reich an Seen ist.

Es wird behauptet, dass Ueberfluss an Torflagern und Sümpfen als Beweis für die frühere Existenz einer Menge von Seen anzusehen sei, wobei jedes Torflager als ausgestorbener See zu betrachten ist. Nehmen wir an, das letzteres richtig ist. Jedermann weiss, dass die Torflager und Sümpfe des mittleren Russlands gen Süden abnehmen. Wenn die seeartigen Erweiterungen der Flussthäler Ueberreste von Seen sind, so ist selbstverständlich, dass sie nach demselben Gesetz, in stärkerem oder schwächerem Grade, in den Thälern vorherrschen müssen. Aber ist dem auch in Wirklichkeit so? Die eingehendste Durchsicht des Materials, welches uns die umständlichsten

geographischen Karten, (Ausgabe des Generalstabs) auf welchen die Umrisse der Flussthäler deutlich bezeichnet sind, liefern, ergiebt entschieden nichts Aehnliches. Endlich ist auch noch durch nichts bewiesen, dass jedes Torflager ein ausgestorbener See sei. Die Torflager sind nach ihrer Lage sehr verschieden. Diejenigen von ihnen, welche in Flussthälern gelegen sind, waren in den meisten Fällen Teiche; hierbei kann die Umgestaltung derselben durch beide Theorien erklärt werden, sowohl durch die, welche ich vertheidige, als auch durch die welche ich bestreite. Dagegen waren die, manchmal sehr grossen, mehr oder weniger muldenartigen Torflager, welche besonders im Norden, auf Höhen, Wasserscheiden und an Ursprüngen der Flüsse sich ausdehnen, kaum jemals Seen, ausser einigen Ausnahmen, welche ich später bei Beschreibung unserer Seen berühren werde. Um die Unanfechtbarkeit dieser Umgestaltungen zu beweisen, ist bei Weitem nicht genügend die Muldenförmigkeit der Torflager anzuführen. Man muss in diesen Vertiefungen (die sich ausserhalb der Flussthäler befinden) andere unbestreitbare Niederschläge von Seen auffinden z. B. regelmässige Ablagerungen schieferigen Schlammlehms, Gerippe von Fischen, solche Süsswasserconchylien wie: *Vivipara*, *Unio*, *Anodonta*, *Cyclas* und andere in Seen aber nicht in Sümpfen vorkommende Thiere, und man muss vor allem anderen an den Ufern dieser Kesselthäler solche charakteristische Stellen finden, welche mit Ablagerungen der nämlichen, von den Wellen angeschwemmten Muscheln, überfüllt sind. So lange dies nicht constatirt ist, haben wir volles Recht anzunehmen, dass die Vertiefung niemals ein Landsee gewesen. Wenn die Entstehung eines Sees oder Sumpfes nur von der bezüglichen Höhe der Lage des Wasserabzugs abhängen würde, d. h. Sümpfe bei verhältnissmässig niedriger Lage des Abzugs, und Seen umgekehrt bei höherer sich bilden würden, dann, natürlich, würde die Ablagerung von Präcipitaten von unbedeutender Mächtigkeit am Boden genügend sein, die Oberfläche auszutrocknen (indem das Wasserniveau gehoben wird) und eine Ablagerung des Torfes von einigen Metern Stärke würde, ohne anzunehmen, dass hier einst ein See war, unmöglich sein. Aber die Bildung (an gesetzter Stelle) eines Sees oder Sumpfes hängt von weit complicirteren Bedingungen ab; vor allem anderen von dem Verhältniss des Wassers, welches das Kesselthal oder die Vertiefung durch Quellen und Atmosphärilien erhält, zu dem, welches durch Ausdünstung und Einsaugen in den Boden verschwindet. Da der grösste Theil unserer Sümpfe an der Oberfläche keinen Abzug hat, oder dieser sehr gering ist im Verhältniss zu der Menge Wasser, welche auf die Oberfläche des Sumpfes durch Regen, Schnee und dergl.: gelangt, so müssen wir die Menge seines Wassers hauptsächlich in Abhängigkeit von oben genanntem Verhältniss stellen. Nehmen wir an, dass in einer geschlossenen, mehr oder weniger kesselthalförmigen Gegend diese Bedingungen derartig waren, dass sie an den niedrigsten Stellen der Vertiefung einen Torfsumpf entstehen liessen, der weit niedriger läge, als der mögliche Abfluss an der Oberfläche. Je nach Vermehrung des Torfes und Erhöhung des Wasserniveaus im Sumpfe, wird letzterer immer mehr und mehr das Wasser, in Folge der bekannten ausserordentlichen Fähigkeit des Torfes Feuchtigkeit zu condensiren, binden, und der Sumpf sich mehr und mehr, grosse Torflager hervorbringend ausbreiten, bis er das

Niveau des möglichen niedrigsten Abzuges erreicht — dann muss die Erweiterung des Sumpfes aufhören. Auf solchem Wege haben sich ohne Vermittelung von Seen die starken muldenförmigen Ablagerungen des Torfes ausserhalb der Flussthäler, nach meiner Meinung überall dort gebildet, wo das See-Stadium dieser Kesselthäler nicht mit mehr ins Gewicht fallenden Thatsachen bewiesen werden kann.

Bei aufmerksamer Beobachtung der Form und der allgemeinen Umrisse der Seen und bei Vergleichung derselben mit den sogenannten seenartigen Erweiterungen der Flussthäler endlich bemerkt ein erfahrenes Auge sofort den scharfen Unterschied zwischen beiden. Der grösste Theil unserer Seen in den Gebieten der Oka und der oberen Wolga hat einen mehr oder weniger kreisförmigen Umriss. Die Ufer dieser Seen und die sie umgebenden Höhen erinnern entschieden an den allgemeinen Character einer Gegend mit plattkuppeligen Hügeln aus Geschiebe-Lehm, mit Vertiefungen, die gleichmässig von niedrigen und hohen sanften Abhängen umgeben sind. Ob eine solche Vertiefung einen See enthält oder nicht, hängt ganz von Nebenumständen ab. Oft macht Nebel, der sich über ein Kesselthal gesenkt, auf den auf einer Höhe stehenden Beobachter den Eindruck eines Sees. Alles dies weist darauf hin, dass die Entstehung der Seen mit ihren niedrigen, sanften, sumpfigen, gewöhnlich verwachsenen Ufern oft von zufälligen Hindernissen, auf die der Wasserabzug gestossen, abhängt. Aber sind die sogenannten seeartigen Erweiterungen der Flussthäler derartig? Das Bild welches sie vorstellen ist ein ganz anderes. Das sind Vertiefungen, deren Länge in den meisten Fällen bei weitem die Breite übertrifft. Mit mehr oder weniger kreisförmigem Umriss, habe ich solche Vertiefungen nicht gesehen, obgleich ich bemüht war sie zu finden. Indessen musste, nach jetzt besprochener Theorie, das Wasser der Seen und Flüsse verhältnissmässig schnell durch Schluchten abgeleitet werden, und der See mehr oder weniger seine Form beibehalten; denn welche Bedeutung würde die Theorie haben, wenn sogar die Form der Vertiefung ganz von den Flüssen abhängen würde, und nicht im Geringsten von der ursprünglichen Form des Sees. Oder ist es möglich, dass die Umstände verlangten, dass alle länglichen Seen in Flüsse sich verwandelten und alle kreisförmigen unverändert geblieben sind? Die Form der zweiten Ufer (hauptsächlich steile, abschüssige) deren Steilheit nur durch Verschüttungen und hinabgerutschte Ufermassen verringert wird, weist deutlich auf ihre Entstehung durch die Gewalt des Stromes hin. Diese Form hat nichts mit den seichten Ufern unserer Seen gemein. Wer die Tiefe dieser Seen ausgemessen, weiss genau, dass dieselbe nach und nach, der Mitte zu, wächst, und nirgends unter dem Wasser plötzlich abschüssige Stellen anzutreffen sind. Wenn ein solcher See abgelassen wird, ergiebt sich eine Art Alluvial-Thal, aber durchaus nichts, was an Terrassen erinnern würde, welche nur irrthümlicher Weise als Beweis dafür angesehen werden, dass an Stellen wo sie vorkommen einst ein See war, dessen Wasser Abzug gefunden. Wenn überhaupt ein See abgelassen wird, erhalten wir ein Kesselthal, in dessen Mitte sich ein Torflager bildet, aber auf keinen Fall ein Flussthal.

Mir scheint, dass **alle besprochenen Eigenthümlichkeiten der Flussthäler des mittleren Russ-**

lands einfach und natürlich erklärt werden können, ohne jegliche Annahme, dass die physische Geographie dieses Theils von Russland einst grossen Veränderungen unterworfen war. Wir haben schon oben gesehen, das alle Flüsse, die solch ein unbedeutendes Gefälle haben wie die Ströme des europäischen Russlands, unausbleiblich und dabei nicht gleichmässig, ihre Grundufer zerstören müssen, was Veränderung ihrer Richtung und ihres Flussbetts nach sich zieht. Als Resultat dieses Jahrhunderte vor sich gehenden Richtungswechsels, ergeben sich die ungleichmässig breiten Flussthäler, mit ihren mehr oder weniger scharf ausgeprägten steilen zweiten Ufern (*R* und *L*). Gleichzeitig mit diesem Process der Erweiterung, werden das Flussbett und Flussthal tiefer, da ein ansehnlicher Theil des Materials des Flussbetts längs der Strömung und endlich in das Meer getragen wird. Nur die zwei Richtungen, die horizontale und die vertikale, in welchen sich die Lage des Flussbetts ändert, im Auge habend, will ich versuchen die Formen des Querdurchschnitts der Flussthäler klar zu stellen. Nehmen wir den am wenigsten durch Nebenumstände complicirten Fall an: Das Flussbett ändert seine Richtung von *L* zu *R* und der Strom das rechte Ufer wegspülend, lagerte seine Präcipitate am linken ab. Es entsteht ein Alluvial-Thal mit Flussbett in den Ufern *l R*. In

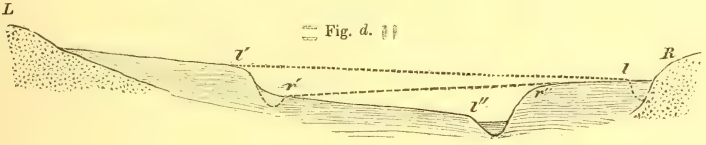


Fig. d.

Folge der allmähligen Vertiefung des Flussbetts wird das Thal von *L* gen *R* schwach geneigt sein und die nächsten zu *L* befindlichen Theile desselben, die einst im Frühling unter Wasser standen, sind jetzt dessen beraubt. Die allmählige Austrocknung der Sümpfe und Wiesen sehend, kommt ein oberflächlicher Beobachter leicht zu dem falschen Schlusse, dass das Wasser in den Flüssen einer Gegend bedeutend abnimmt, und bei einiger Einbildungskraft und Vorliebe zu Verallgemeinerungen dehnt er diesen Schluss auf allgemeine Abnahme des Wassers auf der ganzen Erdoberfläche aus. Aber gehen wir weiter; nehmen wir an, dass die Abweichung des Flussbetts *R* erreicht hat, und jetzt einige Hindernisse antreffend, die entgegengesetzte Richtung einschlägt, was wir auf jedem Schritte sehen, wenn wir die Verstopfung alter Flussbette näher untersuchen. Nachdem der Fluss sein letztes Bett mit Alluvien gefüllt, nahm er seine Richtung nach links; allmählich früher gebildetes Schwemmland zerstörend, und dieses wieder an der rechten Seite ablagernd, zu gleicher Zeit sein Bett vertiefend, und das Thal erniedrigend, kommt der Fluss zur Lage der Ufer *l'* und *r'*. In dieser Lage ist die Grenze des Frühjahr-Wassers noch enger; eins der ersten Ufer (*l'*) ist so hoch, dass es gänzlich die Bewässerung der Fläche *L l'* verhindert; von der rechten Seite erreicht das Wasser auch kaum *l*. Zu einem dieser zwei Stadien gehört der grösste Theil unserer Flüsse. Natürlich habe ich den einfachsten

Fall gewählt; eine solche Regelmässigkeit in den Veränderungen der Richtung des Flussbetts ist kaum oft anzutreffen. Unter Wirkung von Nebenumständen gehen diese Veränderungen sprungweise vor sich und das alte Wasserbett gestaltet sich nicht selbstständig zu einem neuen, sondern letzteres bildet sich gänzlich unabhängig von ersterem. Das neue Wasserbett kann stellenweise sogar etwas höher als das alte liegen, ebenso wie in einem und demselben Flussbett sich ansehnliche Tiefen und Sandbänke neben einander finden können. Im Bett $l' r'$ können wir daher wie Grundgesteine, so auch Fluss-Alluvium antreffen. Entblössungen der Grundgesteine am Grunde, kommen aber selten vor, hauptsächlich nur in schnellen Strömen. In den meisten Fällen verdeckt das bewegliche Alluvium das Grundgestein, aber dessenungeachtet werden beim Wegspülen (des ersteren) vom Gesteine Stückchen abgerissen und weiter getragen. Es können natürlich verschiedene Complicationen in der Form und dem «Richtungswechsel» des Flussbetts vorkommen, aber im Allgemeinen giebt gleichzeitiges Vertiefen und Versetzen des Wasserbetts unausbleiblich einen der eben beschriebenen zwei Typen von Flussthälern, zu deren naturgemässer Erklärung wir weder grossen Wasserüberfluss in früheren Zeiten, noch geologische und physiko-geographische Veränderungen, während der ganzen Zeit der Existenz des Flussthals einer Gegend anzunehmen brauchen. Aber mit diesem Stadium ist die Sache noch nicht beendigt. Nehmen wir an, dass die weitere Bewegung des Flussbetts den Strom nach rechts von dem eben beschriebenen steilen linken Alluvium-Ufer (l') lenkt; und ferner dass der Strom sein Bett noch mehr vertiefend seine secundären Alluvial-Ablagerungen bis zum Punkte r'' wegspült, so wird die gleichzeitige Ablagerung der Alluvien aus dem jetzt noch seichteren Flusse (s. oben) auf bedeutend niedrigerem Niveau als die Punkte l' und r'' vor sich gehen. Aus diesem Grunde wird die Strecke von l' bis zum Urufer L die entsprechende Lage einer alluvialen Terrasse (zu dem neuen Alluvium-Thale und den neuen ersten Ufern l'' und r'') einnehmen. Dieses alles vollendet sich auch wieder ohne jegliche klimatische oder physiko-geographische Veränderungen der Gegend, einzig Kraft der Processe, welche in den Flussthälern seit deren Entstehung bis zur jetzigen Zeit unaufhörlich vor sich gehen.

Es unterliegt, wie mir scheint, keinem Zweifel, dass im Princip die Denudations-Processe zur allmähligen Nivellirung des Bodens bis zum Meer-Niveau führen. Ebenso muss auch jeder ideale Fluss, so lange der geringste Fall des Wassers vorhanden ist, sein Bett und Thal vertiefen, bis mit Erniedrigung der Neigung, der Wasserstand des Flusses seiner ganzen Länge nach auf einer Höhe stehen wird und der Fluss ausstirbt. Selbstverständlich ist dieser Process in Wirklichkeit viel complicirter. Einen ansehnlichen Theil des Materials, welches in das Meer gelangt, liefert die Erweiterung des Thales. Die Abnahme der Schnelligkeit des Stromes, Verringerung des Gefälles — zugleich Auswaschung und Vertiefung des Thales stehen mit Anhäufungen des Alluviums besonders in den Niederungen und bei den Mündungen der Flüsse im Zusammenhang. Aber so lange der Fluss sich nicht im Stadium des Aussterbens befindet, muss er unausbleiblich sein Wasserbett erweitern und vertiefen. Ob in jetziger Zeit mehrere russische Flüsse im Aussterben begriffen sind, und wie gross deren Zahl, ist eine an-

dere Frage, über welche man in jedem einzelnem Falle sprechen muss. Das ist aber unbestreitbar, dass die gegenwärtigen Flussthäler einst nicht vorhanden waren und unsere Flüsse sich neue Wege bahnten. Hieraus folgt, dass jeder Fluss in der Periode der Vertiefung seines Wasserbetts war, und es ist nicht der geringste Grund vorhanden anzunehmen, dass diese Periode für den grössten Theil der russischen Flüsse aufgehört hat, und also auch die vorgeschlagene Erklärung der Herkunft der Form der Flussthäler zu verwerfen. Dass die Flüsse der Bassins der oberen Wolga und der Oka noch nicht das letzte Stadium der Entwickelung erreicht haben, kann, nach meiner Meinung, damit erklärt werden, dass diese Flüsse weit jünger sind als die Flüsse Ost- und Südrusslands, und dass die Ablagerungen von Alluvien, die in den Thälern letzterer Flüsse Terrassen bilden, in die Zeit fallen, als das Gebiet des nordöstlichen Russlands von Gletschern bedeckt war. Das beständige Auffinden von Knochen vom Mammuth, Rhinoceros und anderer mit ihnen gleichzeitiger Thiere in den alluvialen[1]) loessartigen Präcipitaten dieser Fluss-Terrassen und dabei das Vorkommen von Skeletten oder von gut erhaltenen, unbeschädigten Schädeln, bekräftigen meine Ansicht über das Alter der Ablagerung des Materials dieser Terrassen und die Abtrennungsart vom übrigen Alluvium-Thale. Natürlich, manche Flüsse können im Falle sie angefangen zu versiegen, auch nicht das letzte Stadium der uralischen Flüsse erreichen, aber um dies zu beweisen, muss man in jedem einzelnem Falle das angefangene Aussterben eines Flusses klar stellen. Jetzt ist es klar, wie leicht dieselben Eigenthümlichkeiten des Lebens und Wesens unserer Flussthäler obenbeschriebene unregelmässige Erweiterungen desselben verständlich machen, zu deren Erklärung mehr oder weniger zweifelhafte Voraussetzungen ganz besonderer physischer Bedingungen in unserem Gebiet und das Vorhandensein einer Menge Seen, die selbiges einst bedeckten, vorgeschlagen wurden. Jetzt bleibt uns nur noch übrig zu wiederholen, dass nach unserer Theorie, die nichts an der Summe der Wirkungen und Bedingungen, (auch jetzt zu beobachtender) ändert, auf diese Unregelmässigkeit der Erweiterungen und des Umrisses der Flussthäler Einfluss haben: die Eigenschaften der Gesteinsarten und deren relative Lage; Lage und Kraft zufälliger Hindernisse, denen der Strom begegnet und endlich die Fähigkeit des Flusses letztere zu überwältigen, was von der veränderlichen lebendigen Kraft dieses Stromes abhängt. Das sind auch die Gründe, wesshalb mancher kleine Fluss mehr schlangenartig verläuft und mehr sein Flussthal erweitert, als ein grosser reissender Strom, der alles auf seinem Wege überwältigt und in das Meer mündet, ohne die Lage seines Wasserbetts geändert zu haben.

Es giebt noch eine Art Flussthäler die unsere volle Aufmerksamkeit verdient. Das sind die grossen **Alluvial-Flächen** welche sich entwickeln **bei Vereinigung zweier oder mehrerer grosser Flüsse.** Im Gebiet meiner Untersuchungen geben solche Flächen die vereinigten Niederungen der Scheksna und Mologa, die Niederung der Kostroma, die Niederungen der

1) Im oben erwähnten Sinne S. 3.

Unsha und Niemde und viele andere von kleineren Dimensionen. Die Schlangenartigkeit der Flüsse in diesen Niederungen, die Anwesenheit der verschiedensten alten Flussbetten, gegenwärtige Veränderungen der Flussbetten, die abwechselnde Reihenfolge der Entblössungen des reinen alluvialen Lehms und Sandes an den Ufern dieser Flüsse, das häufige Vorkommen von Baumstämmen und Torf zwischen den Uferschichten, endlich das ausserordentlich schnelle Auskeilen der Schichten und ungeachtet dessen ihre Einförmigkeit — alles dies sind Thatsachen, die durch die Thätigkeit derselben Kräfte, welche nach meiner Theorie allgemeine Erweiterung der Flussthäler hervorrufen, leicht erklärt werden können. Dabei wächst aber die Energie dieser Kräfte unter Einfluss zweier, dreier oder mehrerer grosser Flüsse, die theils gemeinschaftlich, theils gegen einander wirken. Eine dieser Kräfte ist in dem gegebenen Falle die Wolga, welche mit ihrem Wasser im Frühjahr die freie Strömung der Mologa, Scheksna, Kostroma, Niemde und Unsha aufhält, wobei die Wolga zeitweise ein gigantischer Damm wird, der die ganze Gegend in einen Süsswasser-See verwandelt, welcher seine festen suspensirten Theilchen in Menge ablagert. In jetziger Zeit sind diese zeitweiligen Seen sehr gross (der Durchmesser 11—30 kilom. und mehr), aber früher, als die Flussbetten nicht so tief waren wie jetzt, hat das Wasser im Frühling ein weit grösseres Gebiet überschwemmt, das Grundgestein weggespült und Alluvium abgelagert, wobei die Wolga wirklich eine bedeutend grössere Krümmung als jetzt gen Norden haben konnte, wie dies Hr. Krylow[1]) beweist. Herr Dokutschajew sieht in den angeführten Thatsachen den Beweis für die Entstehung der Thäler der Scheksna und Mologa aus Seen, aber werden die von mir besonders betonten Facta nicht leichter durch meine Theorie erklärt? Es sind noch mehr Gewicht habende Thatsachen vorhanden die für mich sprechen.—Zu ihnen muss vor allem anderen das Vorkommen der grossen Alluvial-Flächen nur bei Vereinigung zweier oder mehrerer Flüsse gezählt werden. Nichts Aehnliches ist jemals bei seeartigen Erweiterungen irgend eines Flussthales beobachtet worden. Unterdessen hängt der grösste Theil der existirenden grossen Seen durchaus nicht von unumgänglicher Vereinigung einiger grosser Flüsse ab, im Gegentheil, unsere Seen nehmen oft, so zu sagen, von der einen Seite einen Fluss auf, ihn von der anderen herauslassend. Aehnliches wie z. B. bei dem Peipus-See haben wir auch nicht an einer einzigen grossen seeartigen Erweiterung der Flussthäler beobachtet. Nicht allein dass die grossen Alluvial-Flächen stets von Vereinigung zweier oder mehrerer ansehnlicher Flüsse begleitet werden, sonder auch die vergleichsweise Grösse dieses Flächenraums, kann man sagen, ist proportional der Menge des zusammenströmenden Wassers, wenn nur nicht gleichzeitig andere Nebenumstände auf dieses Verhältniss ändernd wirken. Es ist noch ein Umstand vorhanden, der mit der Entstehung solcher Alluvial-Flächen aus Seen nicht vereinbar ist. Mitten unter ihnen treffen wir oft in Gestalt von Inseln, mit steilen, abschüssigen Ufern, alle Spuren früherer Wirkung fliessenden Wassers an sich tragend, Ueberreste von Geschiebe-Schichten,

1) Krylow. Gouvernement Jaroslaw. Arbeiten des Jaroslawschen statistischen Comitées. Liefer. 7. (russisch).

welche nach meiner Theorie einst gleichmässig diese ganze Oberfläche bedeckt haben. Nach der Seen-Theorie mussten diese Ueberreste zur Zeit der Existenz des Sees, Inseln gewesen sein. Es ist schwer sich die Grundursache der Bildung solcher kleinen Inseln des Geschiebe-Lehms in Mitte der Vertiefungen, die nach Zurückweichen des Gletschers hervortraten, zu erklären. Vollkommen unglaublich jedoch ist es, dass sie im See ihre abschüssigen, aus lockeren Sand- und- Lehmarten bestehenden Ufer beibehalten konnten, desto mehr da letztere oft die charakteristische amphitheatralische Form dem fliessenden Wasser ausgesetzt gewesener Ufer haben. Was endlich die Grundlage dieser Alluvial-Flächen betrifft so haben wir vollen Grund nicht den Geschiebe-Lehm, der nach meiner Theorie längst weggespült ist, als solche anzunehmen, sondern weit ältere Gesteine; wenigstens für die Thäler der Mologa, Scheksna und Kostroma ist dies Thatsache und unterliegt für mich keinem Zweifel.

Mir bleibt jetzt nur übrig einiges über **Herkunft, Entwickelung und Leben der Landseen** meines Gebiets zu sagen. Ihre Entstehung können sie sowohl dem Stadium des Aussterbens eines vom Strome verlassenen alten Flussbetts, worüber weiter oben gesprochen, als auch selbstständigen mit Wasser gefüllten Kesselthälern, dessen Wasserabzug von den Eigenschaften des Bodens oder dem Umriss der Ufer behindert wird, verdanken. Da in der von mir untersuchten Gegend kein einziger Salzwasser-See vorhanden ist, so muss jeder See dieses Gebiets einen entweder äusserlichen oder wenigstens einen inneren Abfluss haben, durch den mittelst Filtrirung durch permeable Schichten das Wasser einen Abzug hat. Die Dimensionen des Sees und seine Tiefe hängen natürlich von der Grösse des Kesselthals und der Lage des Abflusses ab. Wenn der Abzug nur durch unbedeutende Neigung und Eigenschaften des Bodens theilweise behindert wird und endlich wenn die Menge des Wassers, welche durch Regen, Schnee und dgl. gebildet auf eine bestimmte Fläche gelangt, unbedeutend ist, kann es vorkommen, dass sich ein See gar nicht bildet, und gleich am Anfange ein Sumpf entsteht, in welchem die Präcipitate der Atmosphärilien und der Quellen durch Abfluss und Ausdünstung regulirt werden. Jede Verletzung eben genannter Bedingungen führt in einer Richtung Austrocknung der Gegend herbei, in entgegengesetzter — Bildung eines Sees mit völliger Ausgleichung des verloren gehenden Wassers durch hinzukommendes. Auf den Wasserstand in unseren Seen haben dreierlei Ursachen Einfluss: Veränderung der Wassermenge die der See aufnimmt, die in den See geschwemmten festen Präcipitate und die Lage des Abzugs hinsichtlich des Seebodens.[1]) Unter Wirkung dieser Umstände nimmt der See unausbleiblich ab, aber sein letztes Product sind nicht Flüsse, sondern Torflager. Im gewöhnlichen Leben wird das Abnehmen des Wassers in Seen der ersten obengenannter Ursachen

---

1) Den Abzug des Wassers in unserer Gegend vermittelst einer näher zum See getretener Schlucht müssen wir zu den sehr seltenen und ausserordentlichen Fällen zählen.

zugeschrieben, desgleichen wird auch das Abnehmen des Wassers in Flüssen erklärt, wie durch Abnahme der Menge des fallenden Schnee's, Regens und dgl., so auch durch deren ungleichmässige Vertheilung und ihre Einsaugung in den Boden in Folge des Aushauens der Wälder. Wer aber die Sache gründlicher untersucht, findet, dass die genannten letzten zwei Ursachen weit mehr Einfluss haben. Wie viel Wasser auch von aussen in den See gelange, sein Wasserstand erhebt sich nur um so viel, um wie viel der aus dem See seinen Ursprung habende Fluss tiefer geworden ist. Aber da ein Strom von grösserer Kraft den Boden des Abzugs mehr vertiefen kann, so ist es möglich, dass der Wasserstand fällt, ungeachtet der See von allen Seiten stark gespeist wird. Bedeutend energischer wirkt auf Abnahme des Wassers die Ablagerung von festen Materialien am Grunde, gleichzeitig mit Vertiefung des Abzugs durch die Kraft des abfliessenden Wassers. Weiter oben war schon gesagt, welchen wohlthätigen Einfluss auf lange Existenz des Sees ruhiger Wasserstand und hiermit verbundene Befreiung des Wassers von den festen suspendirten Theilhen, hat Dessenungeachtet, wie schwach auch der Strom beim Ausfluss aus dem See sei und wie wenig feste Theilchen er auch weiterbewege, macht er dennoch, wenn auch langsam, den Boden des Abzugs tiefer. Das ist der Grund welcher jeden See dem Versiegen nähert. Den augenscheinlichsten Beweis liefert in unserem Gebiet der aussterbende Rostow'sche See. Das Endproduct dieses Sees wird unzweifelhaft ein Torfsumpf sein, in welchem beinahe bestimmt der einzige bedeutende in den See mündende Fluss Sara aussterben wird, da er sogar jetzt schon leise im Zick-Zack durch sein übermässig breites Thal sich schlängelt. Ich bemerke, dass das eigentliche Thal des Flusses Kotorosl mit seinen wasserreichen Abzügen der Flüsse Lachost und Ustja seitwärts des an Stelle des verschwundenen Rostow'schen Sees tretenden Torflagers bleiben und es nicht der Länge nach durchschneiden wird, wie dies die See-Theorie verlangt. Aber die Flüsse Lachost und Ustja, die einst in den Rostow er See mündeten, sind schon jetzt mit Erniedrigung des See-Niveaus aus der Sphäre seiner Wirkung geschieden und haben ihr Wasserbett in der Richtung zum See nicht geändert.

Derartig sind die Erscheinungen und Thatsachen, welche man auch an anderen Seen des mittleren Russlands beobachten kann. Ob aber in diesem Gebiet Fälle der völligen Vernichtung eines Sees vorkommen ist eine andere Frage. Ich glaube, dass es solcher Fälle, angesichts des verhältnissmässig, im geologischen Sinne, jungen Alters (seit der Gletscher-Epoche) unserer Seen, sehr wenige giebt. Ich muss bemerken, dass ich keine diesbezügliche unbestreitbare Erscheinung kenne, und die eingehendste Durchsicht der ganzen Literatur über Untersuchungen des mittelrussischen Gebiets hat mir auch nichts Ueberzeugendes gegeben.

Ouvrages géologiques et physico-géographiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. II, № 7. **Grünewaldt, M. v.** Beiträge zur Kenntniss der sedimentären Gebirgsformationen in den Berghauptmannschaften Jekatherinburg, Slatoust und Kuschwa, sowie den angrenzenden Gegenden des Ural. 1860. Mit 6 lith. Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. III, № 6. **Helmersen, G. v.** Das Olonezer Bergrevier geologisch untersucht in den Jahren 1856, 1857, 1858, und 1859. 1860. Mit 1 Karte. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Helmersen, G. v.** Die in Angriff genommenen Steinkohlenlager des Gouvernements Tula. 1860. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. IV, № 10. **Abich, H.** Sur la structure et la géologie du Daghestan. 1862. Avec 2 pl. lith. sur une feuille, et 2 dessins dans le texte. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. V, № 3. **Lenz, R.** Untersuchung einer unregelmässigen Vertheilung des Erdmagnetismus im nördlichen Theile des Finnischen Meerbusens. 1862. Mit 3 Karten. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. VI, № 5. **Abich, H.** Ueber eine im Caspischen Meere erschienene Insel nebst Beiträgen zur Kenntniss der Schlammvulkane der Caspischen Region. 1863. Mit 4 lith. Taf. Pr. 1 R. 80 K. = 6 Mk.

T. VII, № 1. **Ruprecht, F. J.** Barometrische Höhenbestimmungen im Caucasus, ausgeführt in den Jahren 1860 und 1861 für pflanzengeographische Zwecke, nebst Betrachtungen über die obere Gränze der Culturpflanzen. 1863. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. VIII, № 6. **Struve, H.** Ueber den Salzgehalt der Ostsee. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 11. **Struve, H.** Die artesischen Wasser und untersilurischen Thone zu St. Petersburg, eine chemisch-geologische Untersuchung. 1865. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IX, № 4. **Abich, H.** Einleitende Grundzüge der Geologie der Halbinseln Kertsch und Taman. Mit 3 lith. Taf. 1865. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 40 Pf.

T. XI, № 12 **Helmersen, G. v.** Das Vorkommen und die Entstehung der Riesenkessel in Finnland. 1867. Mit 3 lith. Taf. Pr. 40 K = 1 Mk. 30 Pf.

№ 15. **Lenz, R.** Ueber den Zusammenhang zwischen Dichtigkeit und Salzgehalt des Seewassers. Ein Beitrag zur physischen Geographie des Meeres. 1868. Pf. 30 K. = 1 Mk.

T. XIV, № 7. **Helmersen, G. v.** Studien über die Wanderblöcke und die Diluvialgebilde Russlands. 1869. Mit 10 lith. Taf. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

№ 9. **Middendorff, Dr. A. Th. v.** Die Barabà. 1870. Mit 1 lith. Karte. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 3. **Lenz, R.** Unsere Kenntnisse über den früheren Lauf des Amu-Darja. 1870. Mit 2 lith. Karten. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

T. XVIII, № 1. **Schmidt, Fr.** Wissenschaftliche Resultate der zur Aufsuchung eines angekündigten Mammuthcadavers von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften an den unteren Jenissei ausgesandten Expedition. 1872. Mit 1 Karte und 5 lith. Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. XX, № 4. **Schmidt, C.** Hydrologische Untersuchungen. V. Die Seeen der «Bittersalzlinie» (Gorkaj Linja) von Omsk bis Petropawlowsk und der «Sibirischen Kosakenlinie» von Petropawlowsk bis Präsnowskaja. 1873. Mit 1 Karte. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXI, № 3. **Schrenck, L. v.** Strömungsverhältnisse im Ochotskischen und Japanischen Meere und in den zunächst angrenzenden Gewässern. Nach Temperaturbeobachtungen auf russischen Kriegsschiffen. 1873. Mit 2 Karten und 10 Diagramm-Taf. Pr. 1 R. 75 K. = 5 Mk. 80 Pf.

T. XXV, № 3. **Schmidt, Dr. C., u. Bohrandt, F.** Wassermenge und Suspensionsschlamm des Amu-Darja in seinem Unterlaufe. 1877. Avec 1 planche. Pr. 75 K. = 2 Mk. 80 Pf.

T. XXVII, № 12. **Abich, H.** Ein Cyclus fundamentaler barometrischer Höhenbestimmungen auf dem armenischen Hochlande. 1880. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXIX, № 1. **Middendorff, A. v.** Einblikke in das Ferghana-Thal. Mit 9 Tafeln. Nebst chemischer Untersuchung der Bodenbestandtheile von C. Schmidt. 1881. Pr. 5 R. 30 K. = 17 Mk. 65 Pf.

№ 4. **Lenz, R.** Ueber die thermische Ausdehnung des Meerwassers. Aus den Beobachtungen des Herrn Res'zow berechnet. 1881. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXX, № 3. **Wild, H.** Das magnetische Ungewitter vom 30. Januar bis 1. Februar (n. St.) 1881. Mit 5 Curven-Tafeln. 1882. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 5. **Helmersen, G. v.** Studien über die Wanderblöcke und die Diluvialgebilde Russlands. 1882. Mit 7 Tafeln. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Juin, 1884. C. Vesselofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII[E] SÉRIE.
TOME XXXII, N° 6.

HELLIGKEITSMESSUNGEN
DER
BESSEL'SCHEN PLEJADENSTERNE.

VON

Ed. Lindemann.

(*Lu le 27 Mars 1884.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C[ie] et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 6.

HELLIGKEITSMESSUNGEN
DER
BESSEL'SCHEN PLEJADENSTERNE.

VON

Ed. Lindemann.

Lu le 27 Mars 1884.

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juin 1884. C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Der in der astronomischen Praxis wohlbekannte Umstand, dass die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen, trotz aller Vorsicht bei der Anordnung der letzteren, lange nicht immer ein genügendes Maass für die Zuverlässigkeit der erhaltenen Resultate bieten, tritt vielleicht nur bei wenigen Aufgaben in gleich starkem Verhältnisse zu Tage, wie in der Astrophotometrie. Nicht nur dass eine ganze Reihe von Umständen, wie der Zustand der Luft, die verschiedene Färbung der Beobachtungsobjecte, das verschiedene Aussehen derselben u. d. m. die Aufgabe compliciren und namentlich den ungeübteren Beobachter abschrecken, sondern wir sind auch eigentlich noch bei keinem photometrischen Instrumente so weit gekommen, um vollkommen sicher zu sein, dass kein noch unberücksichtigter Einfluss den erhaltenen Resultaten anhafte. Wenn nun auch, wie ich der Meinung bin, dieses Gefühl der Unbefriedigung und Unsicherheit mancherseits überschätzt, dagegen von geübteren Photometristen in viel geringerem Maasse getheilt wird, so darf ihm doch eine gewisse Berechtigung nicht abgesprochen werden so lange wir nicht thatsächliche Beweise für die Genauigkeit aufzubringen im Stande sind. Solche Beweise können entweder durch Bestimmungen anderweitig bekannter Lichtverhältnisse, oder durch Behandlung derselben Aufgaben nach prinzipiell verschiedenen photometrischen Methoden erhalten werden, sind aber bisher nur in äusserst beschränkter Zahl geliefert. Es erscheint deshalb von hoher Wichtigkeit, dass Beobachtungen, die mit Hülfe dieses oder jenes Photometers gemacht sind, auch mit andern Photometern wiederholt werden um entweder dem erlangten Resultate den gebührenden Platz in der Reihe der Thatsachen zu sichern, oder wenigstens die Differenzen zwischen den angewandten Methoden festzustellen und aufzuklären.

Ein für diesen Zweck besonders geeignetes Object bieten die Sterne der Plejaden. Das Zusammenstehen von Sternen der verschiedensten Grössenclassen in naher, und zugleich meist doch nicht zu enger Nachbarschaft von einander, die fast völlig gleiche Färbung sämmtlicher Sterne, die Möglichkeit jeden Stern leicht und rasch zu identificiren, sind nicht zu verkennende Vortheile.

Das Februarheft des Astronomical Register für 1882 brachte, so viel mir bekannt, die ersten photometrischen Messungen von Plejadensternen, nämlich die von Professor Picke-

ring ausgeführten Vergleichungen von 26 Bessel'schen Sternen mit dem Polarstern. Zu gleicher Zeit sind von Prof. Pritchard in Oxford mit Hülfe seines Keil-Photometers Messungen von 33 Plejadensternen angestellt, deren Resultate für 10 Sterne im Märzhefte des Astronomical Register für 1882, und für 15 Sterne im Märzhefte der Monthly Notices desselben Jahres mit den Beobachtungen Prof. Pickering's zusammengestellt sind und eine sehr gute Uebereinstimmung der beiden Beobachter zeigen.

Diese ersten Schritte in der oben besprochenen Richtung legen es auch anderen Beobachtern, denen anderweitige photometrische Hülfsmittel zur Verfügung stehen, nahe, dieselben, durch Messungen einer Anzahl von Plejadensternen, in Bezug auf Uebereinstimmung mit den Instrumenten von Pickering und Pritchard zu prüfen. Ich bin deshalb im Herbst vergangenen Jahres an die Aufgabe gegangen, sämmtliche Bessel'schen Plejadensterne mit dem der Pulkowaer Sternwarte gehörenden, an einem 5-zölligen Steinheil'schen Fernrohre Gauss'scher Construction angebrachten Zöllner'schen Photometer durchzumessen, und zwar jeden zweimal, um neben der Vergleichung mit den Resultaten Anderer auch die Differenzen zwischen meinen eigenen Beobachtungsreihen übersehen zu können.

Die Construction der Photometer von Zöllner, Pickering und Pritchard braucht hier wohl, als allgemein bekannt, nicht ausführlich besprochen zu werden. Um jedoch die Bedeutung einer Vergleichung der mit diesen drei Instrumenten erhaltenen Resultate miteinander im gehörigen Lichte erscheinen zu lassen, muss ich mir erlauben kurz die verschiedenen Prinzipien, auf welchen dieselben beruhen, in Erinnerung zu bringen.

Das neueste von ihnen, das Pritchard'sche, besteht wesentlich aus einem Keil neutralen Glases, und die Dicke des Keils an der Stelle, wo ein Stern, durch denselben gesehen, verschwindet, bietet das Kriterium für die Helligkeit des Sterns. Gegen dieses Photometer lassen sich drei Einwürfe erheben: 1) dass es bis jetzt für unmöglich gehalten wurde Rauchglas — oder strikter gesprochen, Glas von neutraler Färbung — von vollkommener Gleichartigkeit in allen seinen Theilen herzustellen, 2) dass dieses Glas die verschiedenen Farben in verschiedenem Maasse absorbiren dürfte, 3) dass die Methode des Beobachtens des Verschwindens nach den bisherigen Erfahrungen viel weniger genau sei als die der Bestimmung gleicher Helligkeit. Die ersten beiden Einwürfe hat schon Herr Loewy hervorgehoben, und Prof. Pritchard ist ihnen dadurch begegnet, dass er, wenigstens für die Oxforder Exemplare des Instruments, ein Nichtvorhandensein dieser Unvollkommenheiten nachwies. Ob aber auch jedes andere Exemplar des Pritchard'schen Photometers ebenso vollkommen ausfallen wird, müsste in jedem einzelnen Falle besonders bewiesen werden; dem dritten, schon von Prof. Pickering gemachten Einwurfe zu begegnen, dürfte wohl schwieriger sein.

Die beiden andern Photometer basiren bekanntlich auf Anwendung der Polarisation und Beobachtung gleicher Helligkeit der zu vergleichenden Objecte. Während jedoch beim Zöllner'schen Photometer eine künstliche Lichtquelle benutzt und die polarisirten Licht-

strahlen derselben mit dem unpolarisirten Lichte der Sterne verglichen werden, ist die künstliche Lichtquelle beim Pickering'schen Photometer vollkommen ausgeschlossen, und das Licht beider zu vergleichenden Objecte ist polarisirt. Die Einfachheit im Prinzip und in der Construction des Pickering'schen Photometers bildet einen wesentlichen Vorzug desselben vor dem Zöllner'schen, und gewiss würde das Pickering'sche Photometer sämmtliche anderen Photometer aus der astronomischen Praxis verdrängt haben, wenn nicht seine Anwendbarkeit gerade in der Form, in welcher seine Vorzüge hervortreten, eine äusserst beschränkte wäre. In Hinsicht auf ausgebreitete Anwendbarkeit ist dagegen das Zöllner'sche vorzuziehen und wird, unter Anbringung einiger kleineren Vervollkommnungen, wohl noch für lange Zeit das Hauptinstrument in der Astrophotometrie bleiben.

I. Pulkowaer photometrische Messungen der Plejadensterne.

Von den 53 von Bessel in seinen «Astronomischen Untersuchungen» Bd. I. bearbeiteten Sternen habe ich 52 gemessen. Den 53sten, Anonyma 16 ($9^m.10$ nach Bessel), konnte ich, selbst bei den günstigsten atmosphärischen Bedingungen, mit meinem Instrumente nicht sehen. Jeder Stern ist zweimal, an verschiedenen Abenden, gemessen. Da die zu beobachtenden Sterne in Bezug auf Grösse sehr weit auseinander liegen, so konnten nicht alle mit völlig gleichen Hülfsmitteln beobachtet werden. Die schwächsten Sterne sind mit völlig freiem Objectif gemessen, die mittleren mit der schwächeren Blendung II, die hellsten mit meiner stärksten Blendung III und ausserdem mit einem feinen Drathnetz vor dem Objectif, welches die Sterne ungefähr um zwei Grössenclassen schwächt. Der Durchmesser der Oeffnung bei Blendung II beträgt 71^{mm}, der bei Blendung III 27^{mm}. Ausserdem wurden manchmal, um die Bilder der künstlichen und natürlichen Sterne immer möglichst gleich zu haben, auch die Diaphragmenlöcher, welche das Lampenlicht durchlassen, gewechselt. Es wurde demnach jede der beiden, der Zeit nach getrennten, von einander unabhängigen Beobachtungsreihen nach den Helligkeiten der Sterne in 3 bis 4 Sätze getheilt.

Während der Beobachtung jedes einzelnen Satzes wurde nichts, weder am Instrumente, noch in der Beobachtungsweise, — welche letztere bei meiner langjährigen Erfahrung ohnehin wohl als ziemlich constant angesehen werden darf —, geändert. Alle Sterne eines und desselben Satzes wurden auf einen unter ihnen (*Merope*, *Celaeno* oder *Atlas*) bezogen. Diese Sterne sind im nachstehenden Verzeichnisse der Beobachtungen durch cursiven Druck bezeichnet. Um die verschiedenen Sätze in eine zusammenhängende Reihe zu verbinden wurden die drei obengenannten Uebergangssterne durch wiederholte Messungen miteinander verglichen. Durch die Benutzung der Uebergangssterne wurden freilich möglicherweise für den einzelnen Satz constante Fehler involvirt; da aber die Sätze in den beiden Reihen nicht dieselben waren, so darf angenommen werden, dass die etwa hieraus entsprun-

genen kleinen Differenzen im Mittel aus beiden Reihen sich zum Theil aufgehoben haben, wie dies auch durch die Uebereinstimmung mit den andern Beobachtern sich bestätigt.

Zum nachfolgenden Auszuge aus dem Beobachtungsjournal, welches ich so vollständig als möglich wiederzugeben für zweckmässig halte, dürften hier einige wenige Erläuterungen am Platze sein. Unter dem jedesmaligen Datum des Beobachtungstages sind gegeben: erstens die Zeiten des Anfangs und des Schlusses der Beobachtungen, in Pulkowaer mittlerer Zeit ausgedrückt; zweitens, in der nächsten Zeile: D — das Diaphragmenloch, welches den künstlichen Stern bildet, wobei die grösste Oeffnung im Diaphragma durch 1, die kleineren durch die folgenden Zahlen bezeichnet sind; Bl — die angewandten Blendungen am Objectif, deren Dimensionen oben angeführt sind; ☾ — etwaiger Mondschein, und schliesslich der Zustand der Luft.

Die erste Columne enthält die Bessel'schen Bezeichnungen der Sterne.

Die zweite und dritte die Doppeleinstellungen am Intensitätskreise, so dass die obere Zeile stets die Einstellung im unterhalb des Nullpunkts liegenden Quadranten des Kreises, die untere diejenige im oberhalb desselben liegenden Quadranten bezeichnet. Da mein Kreis keine merkliche Excentricität hat, so ist durch diese Doppeleinstellungen der Fehler des Nullpunkts vollständig eliminirt, und aus demselben Grunde brauchten die beiden entgegengesetzten Quadranten des Kreises nicht benutzt zu werden. In der dritten Zeile, unter dem Strich, sind die Mittel aus jeder Doppeleinstellung gegeben.

Die vierte Columne giebt die Mittel aus sämmtlichen Einstellungen.

Die diesen Mitteln entsprechenden Helligkeitslogarithmen [log. $\sin^2$ (Mittel der Einstellungen)] sind in der fünften Columne enthalten.

Die letzte, sechste Columne enthält die absoluten Grössen der gemessenen Sterne, welche mit Benutzung der im Mittel aus beiden Reihen erhaltenen Helligkeiten[1]) der Uebergangssterne (Celaeno und 32), mit dem Helligkeitslogarithmus 0,40 = 1 Grössenclasse, und unter Annahme der Grösse $4^m.22$ für Merope erhalten sind. Diese Grösse für Merope hat Prof. Pickering, und ihm folgend Prof. Pritchard in seiner Zusammenstellung angenommen; und auch ich bin ihrem Beispiele gefolgt, obwohl mir ein anderer Stern als Ausgangspunkt geeigneter erschienen wäre, da Herr C. Wolf in Paris Merope für der Veränderlichkeit verdächtig hält. Die Uebereinstimmung der Messungen von Pickering, Pritchard und mir benimmt jedoch dieser Vermuthung alle Wahrscheinlichkeit.

Wenn die Beobachtung eines Satzes längere Zeit dauerte, dann wurde der Ueber-

---

1) Meine Messungen ergeben:

Celaeno		Anon. 32	
	$5^m.55$		$6^m.35$
	5.10		6.67
	5.16	Mittel	6.51
	5.29		
	5.23		
Mittel	5.27		

gangsstern, oder auch ein anderer Controllstern, zu Anfang, in der Mitte und am Ende des Satzes beobachtet. Dies geschah, um, wenn sich eine merkliche Aenderung der Extinction mit der sich ändernden Höhe der Plejaden äussern sollte, die Beobachtungen theilen und die einzelnen Sterne auf die nächste Beobachtung des Uebergangssterns beziehen zu können. Es hat sich jedoch fast nie ein bedeutenderer Einfluss der Extinction gezeigt, und deshalb sind alle Sterne eines Satzes auf das Mittel aus sämmtlichen während der Beobachtung des Satzes angestellten Messungen des Uebergangssterns bezogen. Nur ein einziges Mal, am 17. September, wo der Satz beinahe zwei Stunden in Anspruch nahm, zeigten die Controlleinstellungen der Celaeno: 45°5, 47°3 und 52°4, einen der Instinction entsprechenden Gang; der Satz wurde deshalb bei der Berechnung in zwei Theile getheilt, und der erste Theil auf Celaeno 46°4, der zweite auf Celaeno 49°8 bezogen.

Das Colorimeter war stets, entsprechend der fast durchgängig weissen Farbe der Plejadensterne, auf mittlere Farbe (345°) eingestellt.

Messungsreihe I.

September 12, 1883.

$9^h\,45^m - 10^h\,45^m$.

D : 1 Bl. III. Drathnetz ℂ

Alcyone	25°.0		23°.2			
	22.0		22.8			
	23.5		23.0	23°.25		
				23.9		
				23.6	9.204	3.09
Atlas	14.8	17.8	18.2			
	15.0	18.0	17.9			
	14.9	17.9	18.05	17.0	8.932	3.77
Plejone	9.6		7.8			
	8.6		8.6			
	9.1		8.2	8.65	8.354	5.22
Merope	14.0		12.5			
	13.2		15.3			
	13.6		13.9	13.75	8.752	(4.22)
Electra	19.0		17.0			
	17.4		17.0			
	18.2		17.0	17.6	8.960	3.70

Celaeno	6.4	6.3			
	8.4	8.5			
	7.4	7.4	7.4	8.220	5.55
Maja	15.0	15.2			
	16.1	18.0			
	15.55	16.6	16.1	8.886	3.88
Taygeta	12.5	13.3			
	11.9	13.9			
	12.2	13.6	12.9	8.698	4.36
Alcyone	26.1	22.6			
	23.0	23.8			
	24.55	23.2	23.9		

September 13, 1883.

$9^h\,40^m - 10^h\,0^m$

D:1 Bl. III. ☾ Neblig.

Merope	26.7	25.9			
	26.1	27.3			
	26.4	26.6	26.5	9.298	(4.22)
Celaeno	15.7	14.5			
	15.8	17.0			
	15.75	15.75	15.75	8.868	5.29

$11^h\,8^m - 12^h\,0^m$

D:1 Bl. II. Luft gut geworden.

Celaeno	62.6	55.0	60.0			
	48.0	51.2	45.0			
	55.3	53.1	52.5	53.6		
				57.2		
				55.4	9.830	(5.27)
24 *p*	34.0	32.8				
	33.4	33.8				
	33.7	33.3		33.5	9.484	6.13
15	10.8	11.2				
	12.8	11.8				
	11.8	11.5		11.65	8.610	8.32

18	10.4	11.4				
	10.2	13.0				
	10.3	12.2		11.25	8.580	8.39
24	28.0	28.2				
	27.0	29.4				
	27.5	28.8		28.15	9.348	6.47
Asterope	42.0	43.6				
	39.8	41.8				
	40.9	42.7		41.8	9.648	5.72
22 *l*	34.6	33.2				
	33.0	33.0				
	33.8	33.1		33.5	9.484	6.13
12	28.2	26.8				
	27.8	27.6				
	28.0	27.2		27.6	9.332	6.51
Celaeno	67.0	60.2				
	46.5	55.0				
	56.75	57.6		57.2		

September 14, 1883.

$9^h\,51^m - 10^h\,5^m$

D : 1 Bl. III ☾ Anfangs etwas neblig, später sehr gut.

Merope	35.6	37.0	32.3			
	33.1	32.4	36.0			
	34.35	34.7	34.15	34.4	9.504	(4.22)
Celaeno	17.9	21.6	23.6			
	22.0	23.2	24.6			
	19.95	22.4	24.1	22.15	9.152	5.10

$10^h\,13^m - 11^h\,45^m$.

D : 1. Bl. II.

Celaeno	59.0	58.7			
	52.0	55.5			
	55.5	57.1	56.3		
			56.3		
			56.3		
			56.3	9.840	(5.27)

4	21.8°	21.2°				
	22.2	21.0				
	22.0	21.1		21.5°	9.128	7.05^m
8	19.8	19.2				
	19.0	18.2				
	19.4	18.7		19.0	9.026	7.30
9	14.9	19.8	16.2			
	19.0	19.7	19.9			
	16.95	19.75	18.05	18.25	8.992	7.39
10	24.0	23.7				
	23.0	23.0				
	23.5	23.35		23.4	9.198	6.87
27	15.5	14.3				
	15.0	14.9				
	15.25	14.6		14.9	8.820	7.82
29	28.4	28.2				
	28.0	29.2				
	28.2	28.7		28.5	9.358	6.47
31	19.6	18.0				
	21.1	21.8				
	20.35	19.9		20.1	9.072	7.19
32	31.6	29.0				
	31.4	29.4				
	31.5	29.2		30.35	9.408	6.35
37	18.3	18.0				
	18.1	17.2				
	18.2	17.6		17.9	8.976	7.43
39	20.1	18.0				
	22.1	22.0				
	21.1	20.0		20.5	9.088	7.15
Celaeno	59.0	54.0				
	58.6	53.6				
	58.8	53.8		56.3		

$11^h 7^m$ — $11^h 23^m$: Das Auge etwas ausruhen lassen.

1	14.0°	13.2°				
	14.6	14.4				
	14.3	13.8		14.0°	8.768	7.95^m
7	17.8	17.6				
	19.8	20.0				
	18.8	18.8		18.8	9.016	7.33
28	59.2	61.3	55.0			
	49.0	57.0	52.0			
	54.1	59.15	53.5	55.6	9.834	5.28
Celaeno	60.0	55.0				
	52.6	57.6				
	56.3	56.3		56.3		

September 17, 1883.

$9^h\,25^m - 10^h\,30^m$

D : 1 Bl. II ℂ

Celaeno	46.0	44.9			
	45.6	45.3			
	45.8	45.1	45.5		
			47.3		
			46.4	9.720	(5.27)
18 *m*	42.2	39.7			
	43.0	42.1			
	42.6	40.9	41.75	9.648	5.45
20	16.6	18.1			
	16.9	16.7			
	16.75	17.4	17.1	8.936	7.23
21	9.9	10.3			
	10.3	10.3			
	10.1	10.3	10.2	8.496	8.33
26 *s*	31.0	30.8			
	29.2	30.2			
	30.1	30.5	30.3	9.406	6.05
30	13.0	14.3			
	12,4	13.7			
	12.7	14.0	13.35	8.726	7.75

34	35.7°	35.0°				
	33.5	35.4				
	34.6	35.2		34.9°	9.514	5.78m
38	25.9	24.7				
	26.0	26.1				
	25.95	25.4		25.7	9.274	6.38
40	27.1	26.8				
	25.0	26.6				
	26.05	26.7		26.4	9.296	6.33
Celaeno	54.9	49.3	48.2			
	44.0	48.1	44.4			
	49.45	48.7	46.3	47.3		
	47.1	43.8				
	49.1	44.0				
	48.1	43.9				

$10^h\,30^m - 11^h\,15^m$

22	21.0	20.4			
	22.0	23.0			
	21.5	21.7	21.6	9.132	6.85
19	26.2	24.0			
	24.0	26.8			
	25.1	25.4	25.25	9.260	6.53
17	26.0	27.6			
	28.2	28.0			
	27.1	27.8	27.45	9.328	6.36
23	16.7	16.0			
	18.7	18.0			
	17.7	17.0	17.35	8.948	7.31
25	17.5	19.5			
	19.1	18.3			
	18.3	18.9	18.6	9.008	7.16
26	10.8	9.8			
	10.8	11.4			
	10.8	10.6	10.7	8.538	8.34

13	10.3°	12.2°			
	13.6	13.0			
	11.95	12.6	12.3°	8.656	8.04m
Celaeno	53.1	61.9			
	54.1	45.6			
	53.6	53.75			
	54.8	52.6	52.4		
	47.0	50.0	47.3		
	50.9	51.3	49.8	9.766	(5.27)

October 15, 1883.

$10^h 0^m - 11^h 3^m$

D : 2 ☾

37	27.0	28.2			
	26.1	26.6			
	26.55	27.4	27.0		
			31.8		
			29.8		
			29.5	9.384	7.24
32	42.5	41.8			
	45.0	45.0			
	43.75	43.4	43.6	9.678	(6.51)
33	23.7	21.5			
	23.7	24.5			
	23.7	23.0	23.35	9.196	7.71
35	10.6	10.9			
	11.9	11.5			
	11.25	11.2	11.2	8.576	9.26
36	11.2	12.4			
	13.0	13.2			
	12.1	12.8	12.45	8.668	9.03
37	31.6	32.2			
	31.2	32.2			
	31.4	32.2	31.8		
6	12.0	11.7			
	12.8	12.1			
	12.4	11.9	12.15	8.646	9.09

11	12.1°	12.8°			
	13.9	14.2			
	13.0	13.5	13.25°	8.720	8.91m
14	13.5	13.1			
	15.3	13.5			
	14.4	13.3	13.85	8.758	8.81
16	sehe ich gar nicht.				
3	9.8	9.0			
	11.2	11.4			
	10.5	10.2	10.35	8.508	9.43
2	18.9	19.8			
	19.1	19.6			
	19.0	19.7	19.35	9.040	8.11
5	9.3	10.9			
	11.3	10.1			
	10.3	10.5	10.4	8.512	9.42
37	31.3	31.2			
	28.1	28.6			
	29.7	29.9	29.8		
21	16.0	15.0			
	16.4	16.4			
	16.2	15.7	16.0	8.880	8.51

Messungsreihe II.

October 29, 1883.

$9^h\,30^m - 9^h\,58^m$.

D : 1 Bl. III. Drathnetz

Alcyone	28.2	30.0			
	29.0	27.4			
	28.6	28.7	28.65	9.362	3.01
Atlas	21.3	20.8			
	20.1	20.8			
	20.7	20.8	20.75	9.098	3.67
Plejone	8.7	8.9			
	10.2	10.8			
	9.45	9.85	9.65	8.448	5.29

Merope	17.0	15.0	16.6			
	15.8	15.8	15.4			
	16.4	15.4	16.0	15.9	8.876	(4.22)^m

November 2, 1883.

$7^h\,8^m - 7^h\,50^m$

D:1 Bl. III Drathnetz. Luft sehr durchsichtig. Helles segmentförmiges Nordlicht.

Merope	13.5	14.2				
	14.5	13.2				
	14.0	13.7		13.85		
				14.05		
				13.95	8.764	(4.22)
Electra	18.3	18.9				
	17.9	18.7				
	18.1	18.8		18.45	9.000	3.63
Celaeno	8.3	8.1	8.9			
	9.5	10.0	9.2			
	8.9	9.05	9.05	9.0	8.388	5.16
Maja	13.7	13.9				
	15.9	15.2				
	14.8	14.55		14.7	8.808	4.11
Taygeta	12.3	12.9				
	15.0	14 3				
	13.65	13.6		13.6	8.742	4.27
Merope	13.0					
	15.1					
	14.05			14.05		

16 nicht zu sehen (natürlich ohne Blendung).

$9^h\,53^m - 11^h\,37^m$

D:1 Bl. II. Nordlicht verschwunden.

Celaeno	63.2	64.4	64.0			
	57.6	57.2	58.2			
	60.4	60.8	61.1	60.8		
				59.45		
				61.3		
				60.5	9.880	(5.27)

18*m*	58.4°	53.4°	58.8°			
	52.2	51.2	51.6			
	55.3	52.3	55.2	54.3°	9.820	5.42*m*
2	12.3	13.7				
	14.0	14.0				
	13.15	13.85		13.5	8.736	8.13
22*l*	44.2	43.0				
	42.0	38.3				
	43.1	40.65		39.7	9.610	5.95
	37.0	38.0				
	35.9	39.0				
	36.45	38.5				
Asterope	47.1	47.0				
	46.1	46.6				
	46.6	46.8		46.7	9.724	5.66
5	8.1	9.0				
	9.1	9.2				
	8.6	9.1		8.85	8.374	9.04
12	33.0	34.2				
	31.1	33.4				
	32.05	33.8		32.9	9.470	6.30
20	22.4	21.8				
	23.8	22.6				
	23.1	22.2		22.65	9.172	7.04
21	14.3	14.3				
	13.3	13.3				
	13.8	13.8		13.8	8.756	8.08
Celaeno	56.0	63.0				
	61.8	57.0				
	58.9	60.0		59.45		
4	27.5	27.1				
	27.5	26.5				
	27.5	26.8		27.15	9.318	6.67

10	25.0°	26.1°			
	25.8	25.9			
	25.4	26.0	25.7°	9.274	6.78^m
8	26.3	24.0			
	26.3	26.2			
	26.3	25.1	25.7	9.274	6.78
9	18.4	18.3			
	19.0	20.2			
	18.7	19.25	19.0	9.026	7.40
24	34.1	34.8			
	31.3	35.6			
	32.7	35.2	34.0	9.496	6.23
24*p*	41.6	42.0			
	42.8	42.6			
	42.2	42.3	42.25	9.654	5.83
15	13.4	12.1			
	14.1	11.5			
	13.75	11.8	12.8	8.690	8.24
18	14.0	14.9			
	13.6	15.7			
	13.8	15.3	14.55	8.800	7.97
Celaeno	64.0				
	58.6				
	61.3		61.3		

November 27, 1883.

$6^h\,34^m - 6^h\,46^m$

D : 1 Bl. III. Während einer kurzen Lücke zwischen Wolken.

Merope	38.1	36.7			
	36.0	37.1			
	37.05	36.9	37.0	9.560	(4.22)
Celaeno	21.0	22.0			
	24.2	21.6			
	22.6	21.8	22.2	9.154	5.23

$6^h\,47^m - 7^h\,49^m$.

D:1. Bl. II.

Celaeno	55.3	57.8	53.4			
	52.9	56.4	50.2			
	54.1	57.1	51.8	54.3		
				54.0		
				55.25		
				54.5	9.822	(5.27)
1	13.6	14.7				
	14.0	14.1				
	13.8	14.4		14.1	8.774	7.89
7	14.0	15.6				
	15.7	16.2				
	14.85	15.9		15.4	8.848	7.71
11	8.0	7.2				
	9.0	8.6				
	8.5	7.9		8.2	8.308	9.06
13	11.7	11.9				
	13.5	12.9				
	12.6	12.4		12.5	8.670	8.15
22	20.0	21.0				
	20.0	21.8				
	20.0	21.4		20.7	9.096	7.09
Celaeno	55.0					
	53.0					
	54.0			54.0		
19	23.9	22.5				
	22.5	25.5				
	23.2	24.0		23.6	9.204	6.82
17	24.0	24.0				
	24.6	25.2				
	24.3	24.6		24.45	9.234	6.74
23	16.5	15.3				
	16.5	15.3				
	16.5	15.3		15.9	8.876	7.64

25	14.5°	16.0°				
	15.9	15.4				
	15.2	15.7		15.45°	8.852	7.70m
26	8.7	8.5				
	9.5	10.3				
	9.1	9.4		9.25	8.412	8.80
Celaeno	56.3	55.0				
	56.1	53.6				
	56.2	54.3		55.25		

März 17, 1884.

$8^h\,12^m - 9^h\,31^m$

D: 1 Bl. II. In einer zweistündigen Lücke zwischen Wolken.

Celaeno	40.0	38.3	40.0			
	40.0	43.5	42.8			
	40.0	40.9	41.4	40.8		
				37.5		
				37.4		
				38.6	9.590	(5.27)
26 *s*	26.4	24.4	25.9			
	29.0	27.0	23.9			
	27.7	25.7	24.9	26.1	9.286	6.03
30	10.0	10.1				
	12.0	11.7				
	11.0	10.9		11.0	8.562	7.84
28	32.9	31.9				
	37.3	36.1				
	35.1	34.0		34.5	9.506	5.48
34	25.6	24.4				
	28.2	27.0				
	26.9	25.7		26.3	9.292	6.02
38	16.0	18.8				
	20.2	19.8				
	18.1	19.3		18.7	9.012	6.72

40	13.1	14.0				
	16.7	16.6				
	14.9	15.3		15.1°	8.832	7.17m
Celaeno	34.7	36.8	36.0			
	39.9	37.6	40.0			
	37.3	37.2	38.0	37.5		
27	6.1	8.0				
	8.7	8.2				
	7.4	8.1		7.75	8.260	8.60
29	14.8	14.6				
	17.6	16.4				
	16.2	15.5		15.85	8.872	7.07
31	11.1	11.2				
	13.5	13.0				
	12.3	12.1		12.2	8.650	7.62
32	19.2	18.0				
	19.2	20.0				
	19.2	19.0		19.1	9.030	6.67
Celaeno	35.4	37.5				
	35.8	41.0				
	35.6	39.25		37.4		

März 19, 1884.

$7^h 35^m - 8^h 30^m$

D:2 Bl. II.

32	40.0	41.6			
	38.0	39.8			
	39.0	40.7	39.85		
			40.1		
			40.0	9.616	(6.51)
37	23.9	23.9			
	23.7	22.7			
	23.8	23.3	23.55	9.204	7.54
39	27.0	25.2			
	26.4	27.4			
	26.7	26.3	26.5	9.300	7.30

33	20.9	20.2			
	20.1	22.2			
	20.5	21.2	20.85	9.102	7.79
35	9.9	9.6			
	9.5	10.2			
	9.7	9.9	9.8	8.462	9.39
36	10.2	11.2			
	11.6	11.4			
	10.9	11.3	11.1	8.568	9.13
27	18.4	17.9			
	17.2	17.1			
	17.8	17.5	17.65	8.964	8.14
32	41.9	41.0			
	38.3	39.2			
	40.1	40.1	40.1		
40	38.5	38.6			
	33.9	39.4			
	36.2	39.0	37.6	9.570	6.62

$8^h 30^m - 8^h 55^m$

Ohne Blendung.

6	12.5	12.6				
	13.9	14.4				
	13.2	13.5		13.35	8.726	9.06
3	10.3	11.4				
	12.7	11.2				
	11.5	11.3		11.4	8.592	9.40
32	56.0	48.2	43.4			
	45.0	46.0	51.8			
	50.5	47.1	47.6	48.4	9.748	(6.51)
14	13.3	11.9				
	13.9	14.1				
	13.6	13.0		13.3	8.724	9.07

16 trotz dunklen Himmels und durchsichtiger Luft nicht zu sehen.

Die Zusammenstellung der Resultate dieser Messungen ergiebt folgendes Bild der Uebereinstimmung zwischen meinen beiden, nur der Zeit und der Eintheilung in Sätze nach verschiedenen, Messungsreihen.

	Reihe I	Reihe II	II—I
	m	*m*	*m*
Celaeno	5.31	5.20	—0.11
Electra	3.70	3.63	—0.07
18 *m*	5.45	5.42	—0.03
Taygeta	4.36	4.27	—0.09
An. 1	7.95	7.89	—0.06
An. 2	8.11	8.13	+0.02
An. 3	9.43	9.40	—0.03
An. 4	7.05	6.67	—0.38
An. 5	9.42	9.04	—0.38
An. 6	9.09	9.06	—0.03
Maja	3.88	4.11	+0.23
An. 7	7.33	7.71	+0.38
Asterope	5.72	5.66	—0.06
22 *l*	6.13	5.95	—0.18
An. 8	7.30	6.78	—0.52
An. 9	7.39	7.40	+0.01
Merope	(4.22)	(4.22)	
An. 10	6.87	6.78	—0.09
An. 11	8.91	9.06	+0.15
An. 12	6.51	6.30	—0.21
An. 13	8.04	8.15	+0.11
An. 14	8.81	9.07	+0.26
An. 15	8.32	8.24	—0.08
An. 16	—	—	
An. 17	6.36	6.74	+0.38
An. 18	8.39	7.97	—0.42
24 *p*	6.13	5.83	—0.30
An. 19	6.53	6.82	+0.29
An. 20	7.23	7.04	—0.19
An. 21	8.42	8.08	—0.34
An. 22	6.85	7.09	+0.24
An. 23	7.31	7.64	+0.33
An. 24	6.47	6.23	—0.24
Alcyone	3.09	3.01	—0.08
An. 25	7.16	7.70	+0.54
An. 26	8.34	8.80	+0.46
An. 27	7.82	8.14	+0.32
An. 28	5.28	5.48	+0.20
An. 29	6.47	7.07	+0.60

	Reihe I	Reihe II	II—I
	m	*m*	*m*
26 *s*	6.05	6.03	—0.02
Atlas	3.77	3.67	—0.10
Plejone	5.22	5.29	+0.07
An. 30	7.75	7.84	+0.09
An. 31	7.19	7.62	+0.43
An. 32	6.35	6.67	+0.32
An. 33	7.71	7.79	+0.08
An. 34	5.78	6.02	+0.24
An. 35	9.26	9.39	+0.13
An. 36	9.03	9.13	+0.10
An. 37	7.34	7.54	+0.20
An. 38	6.38	6.72	+0.34
An. 39	7.15	7.30	+0.15
An. 40	6.33	6.62	+0.29

Wenn man von 6 schlechter stimmenden Sternen absieht, ist diese Uebereinstimmung wohl als eine genügende zu bezeichnen, obwohl ich hervorheben muss, dass, nach meinen anderweitigen Erfahrungen und unter günstigeren Umständen, wie sie die Plejaden für das Zöllner'sche Photometer bieten, mit diesem Instrumente genauer gemessen werden kann, als mir in diesem Falle gelungen ist.

Die schlechter stimmenden Sterne sind:

An. 8, An. 18, An. 25, An. 26, An. 29 und An. 31.

Bei An. 8 und An. 18 ist der Mangel an Uebereinstimmung nicht zu verwundern: bei 8 ist die Nähe von An. 9, bei 18 die Nähe der Alcyone die Ursache. An. 9 folgte auf An. 8 in solcher Entfernung, dass dieser Stern während der Messung von 8 (wo also 8 in die Mitte zwischen die beiden künstlichen Sterne eingestellt war) beinahe mit dem helleren künstlichen Stern zusammenfiel und dadurch die Messung in hohem Grade störte. Desgleichen überstrahlt Alcyone so sehr sowohl den benachbarten An. 18 als die letzterem gleichzumachenden künstlichen Sterne, dass die Messung ebenfalls etwas illusorisch ausfallen muss.

Für die andern 4 Sterne weist das Beobachtungsjournal keine genügende Erklärung auf. Entweder sind hier die Differenzen durch plötzliche Lufttrübungen, oder vielleicht auch durch Veränderlichkeit der Sterne selbst zu erklären. Bei den später gegebenen Zusammenstellungen habe ich jedoch diese Sterne nicht ausgeschlossen, wie es vielleicht nicht mit Unrecht geschehen dürfte.

Erheblichere constante Differenzen zwischen beiden Messungsreihen zeigen sich nicht: die positiven und negativen Unterschiede heben sich bis auf eine nachbleibende Summe

von II—I = + 2^m95 auf, und dieselbe durch 51 dividirt ergiebt als auf jeden einzelnen Stern kommende Differenz nur + 0^m06, deren dritter Theil noch dazu durch die schlechter stimmenden 6 Sterne allein erzeugt wird.

II. Die Helligkeiten der gemessenen Sterne.

Die Mittel aus meinen beiden Messungsreihen, nach den aus denselben resultirenden Grössen geordnet, stelle ich hier mit den früheren Grössenbestimmungen der Plejadensterne von Bessel, Argelander, C. Wolf, Pickering und Pritchard zusammen.

	Bessel	Argelander	C. Wolf	Pickering	Pritchard	Lindemann
	m	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*
Alcyone	3.4	3.2	3.0	3.00	2.89	3.05
Electra	4.5	4.7	4.5	3.82	3.77	3.66
Atlas	4.5	4.0	5.0	3.77		3.72
Maja	5	4.8	4.5	3.98	3.88	4.00
Merope	5	4.5	5.5	4.22	(4.22)	(4.22)
Taygeta	5	5.0	5.5	4.44	4.59	4.31
Plejone	5.6	6.2	5.8	5.12		5.25
Celaeno	5.6	6.5	6.0	5.23	5.37	5.27
28	7	6.9	7.3	5.50		5.38
18 *m*	7	6.3	6.3	5.63	5.84	5.43
Asterope	7.8	7.0	6.5	5.71	5.80	5.69
34	7.8	7.2	7.5	6.10		5.90
24 *p*	7.8	8.0	7.0		5.84	5.98
22 *l*	7.8	7.0	7.0	6.28	6.34	6.04
26 *s*	7.8	7.0	7.5	6.36	6.43	6.04
24	8	7.0	7.5	6.46	6.46	6.35
12	7.8	7.5	7.5	6.58	6.65	6.40
40	7.8	7.3	7.5	6.64		6.47
32	8	7.5	7.5	6.30		6.51
38	8	7.5	7.8	6.66		6.55
17	8	8.0	8.3		6.65	6.55
19	8	7.5	8.3	6.69	6.76	6.67
29	8	7.8	7.5	6.56	6.69	6.77
10	8	8.0	7.8	6.96	7.16	6.82
4	8	8.1	7.5		7.56	6.86
22	8	7.5	8.3	6.74	6.73	6.97
8	8.9	8.0	8.0		7.41	7.04
20	8	8.0	8.0	7.29		7.13
39	8	7.7	8.5	7.08		7.22
9	8.9	8.1	8.3		7.87	7.39

	Bessel	Argelander	C.Wolf	Pickering	Pritchard	Lindemann
	m	m	m		m	m
31	8	8.0	8.5		6.73	7.40
37	8	7.9	8.5	m 7.06		7.40
25	8.9	8.2	8.5			7.43
23	8.9	8.0	8.5		7.44	7.47
7	8	8.2	8.3		7.46	7.52
33	8.9	7.8	8.5		7.20	7.75
30	8.9	8.4	8.5		7.81	7.80
1	8	8.2	8.5		7.23	7.92
27	8.9	8.5	8.8			7.98
13	8.9	8.5	8.8		8.12	8.09
2	8.9	8.8	9.0			8.12
18	8	7.9	8.3		8.03	8.18
15	8.9	8.5	8.8		8.51	8.28
21	8.9	8.6	8.5		8.12	8.31
26	9	9.0	9.0			8.57
14	9	9.0	9.0			8.94
11	8.9	9.1	9.0			8.98
6	9	9.0	9.0		9.24	9.07
36	9	8.5	9.4		8.80	9.08
5	9	9.1	9.0			9.23
35	9	9.2	9.5		9.57	9.32
3	9	9.0	9.4			9.41
16	9.10	9.5	9.5			zu schwach.

Meine Grössen derjenigen Sterne, welche ich mehr wie zweimal beobachtet habe, sind mit Berücksichtigung der der Zahl der Beobachtungen entsprechenden Gewichte abgeleitet. Die Bessel'schen Grössenangaben beruhen nur auf genäherten Schätzungen ohne Angabe der Zehntelgrösse. Die Argelander'schen, aus der Bonner Durchmusterung, bieten bekanntlich das genaueste, was wir in dieser Beziehung vor der Benutzung von Photometern besassen. Ein strenger Vergleich derselben mit den photometrischen Bestimmungen lässt sich nicht durchführen, bevor der Helligkeitscoefficient für die verschiedenen Argelander'schen Grössen strenger bestimmt sein wird. Nach den Arbeiten von Rosén[1]), mir[2]), J. Th. Wolff[3]) und Pritchard[4]) lässt sich jedoch jedenfalls schliessen, dass der bis jetzt gebräuchliche Helligkeitscoefficient 0.400, den auch ich in dieser Schrift zur Verwandlung der Messungen in Grössen benutzt habe, auf die Argelander'schen Grössenschätzungen nicht für alle

1) Studien und Messungen an einem Zöllner'schen Astrophotometer. 1869. (Bulletin de l'Acad. de St.-Pétersbourg).

2) Vorläufige Resultate in Pulkowa angestellter photometrischer Beobachtungen. 1872. (Ibid.).

3) Photometrische Beobachtungen an Fixsternen. Leipzig 1877.

4) Photometric determination of the relative brightness of the brighter stars north of the equator. London. 1883. (Memoirs of the Royal Astronomical Society. Vol. XLVII).

Grössenclassen gleich anwendbar ist. Aus obiger Zusammenstellung zeigt sich, dass die mit diesem Coefficienten (sowohl von mir, wie von den Herren Pickering und Pritchard) reducirten photometrischen Messungen für die helleren Sterne weniger, für die schwachen besser mit den Argelander'schen Grössen übereinstimmen; bei der Anwendung eines mittleren Coefficienten (0.400), war dies auch, da von einem helleren Sterne, Merope, ausgegangen wurde, zu erwarten, indem für die weiter auseinanderliegenden Grössenclassen die Abweichungen vom mittleren Coefficienten, bei den helleren Sternen nach der einen Seite, bei den schwachen nach der andern, sich ausgleichen konnten.

Herrn C. Wolf's[1]) Grössen «ont été déterminées avec un grand soin», wie der Autor sagt; dies scheint auch die im Allgemeinen gute Uebereinstimmung derselben mit den Argelander'schen zu beweisen. Aber bei der von ihm angewandten Methode, der Ordnung der Grössen nach der Reihenfolge des Sichtbarwerdens der Sterne in der Abenddämmerung, mussten manche Ungenauigkeiten von vorn herein erwartet werden, und solchen Ungenauigkeiten müssen sowohl die gelegentlich grösseren Abweichungen von Argelander, so wie auch die von Wolf vielen Plejadensternen zugeschriebenen Veränderungen zur Last fallen.

Meine eigenen Bestimmungen geben im Durchschnitt die Sterne ein klein wenig heller als diejenigen der Herren Pickering und Pritchard, wie die Zusammenstellungen im nächsten Abschnitt noch eingehender zeigen werden.

Mit blossem Auge sehe ich 6 Sterne der Plejaden: Alcyone, Electra, Atlas, Maja, Merope und Taygeta, also nur Sterne bis zur 4.5ten Grösse, während ich einzeln stehende Sterne bis unter die 5te Grösse hinab leicht sehen kann. Wahrscheinlich bildet der zusammenfliessende Eindruck der vielen eng zusammenstehenden Sterne im Auge einen so hellen Grund, dass die einzelnen Sterne, wie Celaeno und Plejone, trotz ihrer grösseren Helligkeit, sich auf demselben nicht genügend abheben.

Den Stern An. 16, $9^m.5$ nach Argelander und Wolf, habe ich, wie das Beobachtungsjournal zeigt, wiederholt gesucht, aber auch bei den günstigsten atmosphärischen Bedingungen nicht sehen können. Da mein Objectif Sterne bis zu $10^m.5$ erkennen lässt, so muss 16 in letzter Zeit schwächer als diese Grenze gewesen sein, und ist also aller Wahrscheinlichkeit nach veränderlich.

Vom Merope-Nebel habe ich kein einziges Mal auch die geringste Spur entdecken können, obwohl ich an den dunkelsten Abenden und bei günstiger Luft eingehend die Gegend, wo er steht, untersuchte.

---

1) Description du groupe des Pléiades. 1877. (Annales de l'Observatoire de Paris. Mémoires. Tome XIV.)

III. Vergleichung meiner Resultate mit denjenigen Pickering's und Pritchard's.

Die von Prof. Pickering für 26 der hellsten Plejadensterne erhaltenen Grössen [1]) sind Mittel aus Messungen an 4 bis 9 Abenden und beanspruchen schon demzufolge bei der Vergleichung das grösste Gewicht. Die Messungen sind mittelst des Meridian-Photometers der Harvard-College-Sternwarte angestellt, indem die einzelnen Sterne mit Polaris verglichen wurden.

Die Messungen Prof. Pritchard's in Oxford [2]) beziehen sich auf 33 Sterne, darunter 15 gemeinschaftliche mit Pickering. Jede Grössenangabe ist das Mittel aus drei Beobachtungen.

Die Differenzen zwischen den beiden Beobachtern sind folgende:

	Pritchard	Pickering	Prit. — Pick.
	m	*m*	*m*
Alcyone	2.89	3.00	—0.11
Electra	3.77	3.82	—0.05
Maja	3.88	3.98	—0.10
Taygeta	4.59	4.44	+0.15
Merope	(4.22)	(4.22)	
Celaeno	5.37	5.23	+0.14
18 *m*	5.84	5.63	+0.21
Asterope	5.80	5.71	+0.09
22 *l*	6.34	6.28	+0.06
26 *s*	6.43	6.36	+0.07
24	6.46	6.46	0.00
12	6.65	6.58	+0.07
19	6.76	6.69	+0.07
29	6.69	6.56	+0.13
10	7.16	6.96	+0.20
22	6.73	6.74	—0.01

Wenn auch die Anzahl dieser Sterne nur gering ist, und namentlich nur die helleren Sterne umfasst, so ergiebt sich doch eine so gute Uebereinstimmung der beiderseitigen Resultate, dass manches Bedenken, welches a priori gegen die Anwendung des Pritchard'schen Photometers erhoben werden dürfte, durch dieselbe, wenigstens für die Oxforder Exemplare dieses Photometers, bedeutend entkräftet wird. Eine kleine constante Differenz

1) Astronomical Register. February 1882.
2) Astronomical Register. March 1882. Monthly Notices. № 5. 1882.

zeigt sich allerdings, und beträgt im Mittel für den einzelnen Stern Pritchard — Pickering = +0^m.06. Die Kleinheit derselben dürfte jedoch, neben der ausgezeichneten Uebereinstimmung überhaupt, dafür sprechen, dass sich das Beobachten des Verschwindens der Sterne unter günstigen Umständen gleichmässiger ausführen lässt, als den bisherigen Erfahrungen nach erwartet werden musste, oder dass wenigstens die dieser Beobachtungsart eigenthümlichen Fehler sich in den Mitteln aus den einzelnen Messungen aufgehoben haben.

Meine Plejadengrössen mit den Pickering'schen verglichen

	Pickering	Lindemann	Pick. — Lind.
	^{m}	^{m}	^{m}
Alcyone	3.00	3.05	—0.05
Electra	3.82	3.66	+0.16
Atlas	3.77	3.72	+0.05
Maja	3.98	4.00	—0.02
Merope	(4.22)	(4.22)	
Taygeta	4.44	4.31	+0.13
Celaeno	5.23	5.27	—0.04
Plejone	5.12	5.25	—0.13
28	5.50	5.38	+0.12
18 *m*	5.63	5.43	+0.20
Asterope	5.71	5.69	+0.02
34	6.10	5.90	+0.20
22 *l*	6.28	6.04	+0.24
26 *s*	6.36	6.04	+0.32
24	6.46	6.35	+0.11
40	6.64	6.47	+0.17
12	6.58	6.40	+0.18
32	6.30	6.51	—0.21
38	6.66	6.55	+0.11
19	6.69	6.67	+0.02
29	6.56	6.77	—0.21
10	6.96	6.82	+0.14
22	6.74	6.97	—0.23
20	7.29	7.13	+0.16
39	7.08	7.22	—0.14
37	7.06	7.40	—0.34

zeigen ebenfalls eine kleine constante Differenz, die im Mittel für den einzelnen Stern, im Sinne Pickering — Lindemann, +0^m.04 beträgt. Ich erhalte also die Sterne, wenigstens die helleren, eine Spur heller als Pickering. Dieser kleine, übrigens kaum berücksichtigenswerthe Unterschied lässt sich sehr wahrscheinlich dadurch erklären, dass beim Zöllner'schen Photometer die Sterne mit künstlichen Objecten verglichen werden, welche namentlich bei helleren Sternen, und wenn die weiten Helligkeitsgrenzen der zu vergleichenden Sterne nicht die für jedes Object am besten passende Combination von Blendungen und

Diaphragmenlöchern anzuwenden erlauben, ein etwas verschiedenes Aussehen haben. Diese Verschiedenheit im Aussehen der zu vergleichenden Objecte fällt, wie ich meine, beim Pickering'schen Photometer weg. Uebrigens ist die resultirende Differenz von +0^m.04 kleiner als diejenige, welche ich (pag. 22) zwischen meinen eigenen beiden Messungsreihen finde, und dementsprechend darf wohl geschlossen werden, dass meine und Pickering's Messungen so gut miteinander übereinstimmen, als nur immer verlangt werden kann.

Zwischen meinen Messungen und denjenigen Pritchard's kommen etwas grössere Differenzen vor.

	Pritchard	Lindemann	Prit. — Lind.
	^{m}	^{m}	^{m}
Alcyone	2.89	3.05	—0.16
Electra	3.77	3.66	+0.11
Maja	3.88	4.00	—0.12
Merope	(4.22)	(4.22)	
Taygeta	4.59	4.31	+0.28
Celaeno	5.37	5.27	+0.10
18 *m*	5.84	5.43	+0.41
Asterope	5.80	5.69	+0.11
24 *p*	5.84	5.98	—0.14
22 *l*	6.34	6.04	+0.30
26 *s*	6.43	6.04	+0.39
24	6.46	6.35	+0.11
12	6.65	6.40	+0.25
17	6.65	6.55	+0.10
19	6.76	6.67	+0.09
29	6.69	6.77	—0.08
10	7.16	6.82	+0.34
4	7.56	6.86	+0.70
22	6.73	6.97	—0.24
8	7.41	7.04	+0.37
9	7.87	7.39	+0.48
31	6.73	7.40	—0.67
7	7.46	7.52	—0.06
33	7.20	7.75	—0.55
23	7.44	7.47	—0.03
30	7.81	7.80	+0.01
1	7.23	7.92	—0.69
13	8.12	8.09	+0.03
18	8.03	8.18	—0.15
15	8.51	8.28	+0.23
21	8.12	8.31	—0.19
6	9.24	9.07	+0.17
36	8.80	9.08	—0.28
35	9.57	9.32	+0.25

Im Mittel ergiebt jedoch die Vergleichung nur eine Differenz Pritchard — Lindemann = + 0^{m}05 für jeden einzelnen Stern, und die unbefriedigende Uebereinstimmung der Sterne 18m, 26s, 4, 8, 9, 31, 33 und 1 darf wohl zufälligen Beobachtungsfehlern, resp. Luftänderungen, zugeschrieben werden, und ist für die Sterne 8 und 31 (vide p. 21) wohl in meinen Beobachtungen zu suchen. Die innere Uebereinstimmung der Pritchard'schen Beobachtungen, aus denen die hier aufgeführten Mittel erhalten sind, ist ungefähr dieselbe, wie die meiner beiden Messungsreihen untereinander.

Die vorstehenden Vergleichungen zeigen also bloss Abweichungen zwischen den Photometern von Zöllner, Pickering und Pritchard, welche nicht grösser sind, wie die zwischen meinen eigenen wiederholten Messungen mit einem und demselben Instrument, — ein Resultat, welches gewiss das Zutrauen zu jedem der angewandten drei Instrumente bedeutend befestigen und hoffentlich auch durch weitere parallele Arbeiten Bestätigung finden wird.

Nachtrag.

Während des Drucks des Vorstehenden hat mir Professor Pritchard seine für die von ihm begonnene Uranometria Nova Oxoniensis zusammengestellten Grössen von 43 Plejadensternen freundlichst zugesandt, welche durch Hinzuziehung neuer, mit drei Keil-Photometern an zwei Fernröhren und von zwei Beobachtern ausgeführter Messungen erhalten sind. Dieselben scheinen mir wesentlich zur Characterisirung der vorstehend erhaltenen Differenzen zwischen den Pritchard'schen Grössen und den meinigen beizutragen.

Die 10 in dieser neuen Liste hinzugekommenen Sterne zeigen eine vollkommen genügende Uebereinstimmung (innerhalb 0^{m}3) mit den aus meinen Beobachtungen resultirenden, auf Seite 22 und 23 gegebenen Grössen. Von sämmtlichen 43 Pritchard'schen Sternen stimmen 36 vollkommen befriedigend mit meinen Grössenbestimmungen überein. Der oben erhaltene constante Unterschied Pritchard — Lindemann = + 0^{m}05 wird nun bis auf + 0^{m}01 verkleinert.

Für fast alle Sterne, für welche die von mir erhaltenen Grössen schon früher mit den Pritchard'schen gut übereinstimmten, ergiebt die Hinzuziehung der neuen Oxforder

Beobachtungen entweder eine noch verbesserte, oder unveränderte, und nur in vier Fällen unbedeutend geringere Uebereinstimmung. Nur für zwei Sterne, für den der Alcyone nahen 18 und für 21 folgen, statt der früher guten Uebereinstimmung, jetzt Differenzen von $0^m.65$ und $0^m.79$.

Von den 8 Sternen, für welche meine Messungen in der ersten Zusammenstellung (S. 27) bedeutender von den Pritchard'schen abweichen, ist jetzt durch die Hinzuziehung des neuen Materials nur für die Sterne 8 und 9 eine gute Uebereinstimmung erlangt; für die Sterne 1, 4, 18*m*, 26*s*, 31 und 33 sind die Differenzen entweder nur unbedeutend geändert, oder sogar erheblich vergrössert, so dass z. B. für den Stern 33 jetzt eine Differenz Pritchard — Lindemann = $-1^m.05$ resultirt.

Dass, während die Hinzuziehung einer neuen Anzahl von Messungen für die Sterne, für welche die beiderseitigen Resultate schon früher harmonirten, die Uebereinstimmung verbessert, dagegen bloss für die wenigen unbefriedigend stimmenden Sterne durch dieselbe nicht nur keine Verkleinerung, sondern sogar eine Vergrösserung der Differenzen erhalten wird, — dieser Umstand scheint mir anzudeuten, dass der Ursprung der in diesen Ausnahmefällen zwischen meinen und den Oxforder Messungen auftretenden Abweichungen wohl weniger in Beobachtungsfehlern als in einer Veränderlichkeit der Sterne

1, 4, 21, 31 und 33,

und vielleicht auch 18*m* und 26*s* zu suchen sein dürfte.

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K.=1 Mk. 50 Pf.

№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor, angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.

№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 1 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. I^e^ Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. II^e^ Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lowisa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten Stockholm und Helsingfors ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T.XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung eines wichtigen Theiles der absoluten Jupitersstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.
№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXIII, № 3. **Nyrén. M.** Das Aequinoctium für 1865,0, abgeleitet aus den am Passageinstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 — 1870 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.
T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.
T. XXVII, № 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.
T. XXVIII, № 6. **Backlund, O.** Zur Theorie des Encke'schen Cometen. 1881. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.
T. XXX, № 4. **Lindemann, Ed.** Zur Beurtheilung der Veränderlichkeit rother Sterne. 1882. Pf. 15 K. = 50 Pf.
№ 8. **Struve, Hermann.** Ueber den Einfluss der Diffraction an Fernröhren auf Lichtscheiben. 1882. Pr. 90 K. = 3 Mk.
T. XXXI, № 2. **Struve, Ludwig.** Resultate aus den in Pulkowa angestellten Vergleichungen von Procyon mit benachbarten Sternen. 1883. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 4. **Lindstedt, And.** Beitrag zur Integration der Differentialgleichungen der Störungstheorie. 1883. Pr. 20 K. = 70 Pf.
№ 9. **Nyrén, M.** L'aberration des étoiles fixes. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.
№ 15. **Wittram, Theod.** Allgemeine Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen für den Bahntheil zwischen 152°21′7″,62 und 170° wahrer Anomalie. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.
T. XXXII, № 3. **Backlund, O.** Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881. 1884. Pr. 45 K. = 1 M. 50 Pf.
№ 4. **Backlund, O.** Zur Entwickelung der Störungsfunction. 1884. Pr. 30. K = 1 Mk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juin, 1884. C. Vesselofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 7.

STUDIEN ÜBER BLUT.

VON

H. Struve.

(*Lu le 24 avril 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mark.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 7.

STUDIEN ÜBER BLUT.

VON

H. Struve.

(*Lu le 24 avril 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mark.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juillet, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Prof. G. Hüfner bevorwortet seine erste Abhandlung[1]): «Über die Quantität Sauerstoff, welche 1 Gramm Hämoglobin zu binden vermag» mit folgenden sehr bezeichnenden Worten:

«In den Schwesterwissenschaften Physik und Chemie ist es Regel, dass man immer «von Neuem an die Bestimmung gewisser wichtiger Constanten geht, sobald irgend eine «neu auftauchende Methode exactere Resultate verheisst, wenn auch die Ermittelung sol«cher Constanten bereits mit Glück versucht und mit der durch die älteren Methoden er«reichbaren Genauigkeit gelungen war.

«Die möglichst genaue Ermittelung einer Constanten, wie der in Rede stehenden, «scheint mir aber für die physiologische Chemie und namentlich für die Lehre vom respi«ratorischen Gasaustausch höherer Organismen von nicht minderer Bedeutung, wie die «möglichst genaue Feststellung einer Moleculargewichtszahl für die Chemie oder die Bestim«mung der specifischen Wärme verschiedener Gase für die theoretische Physik.»

Mit diesen Worten zieht Hüfner eine bestimmte Grenze zwischen den wissenschaftlichen Aufgaben, die dem physiologischen Chemiker und dem Chemiker zufallen und hebt für die Letzteren ganz speciell die Fesstellung der Moleculargewichtszahl hervor. Indem ich dieser Ansicht in bestimmten Grenzen völlig beistimme, möchte ich mir aber gleich die Frage zu stellen erlauben: Welcher Chemiker hat die Moleculargewichtszahl des Oxyhämoglobins oder Hämoglobins festgestellt? Nach dem Ausspruch von Hüfner wäre die Bestimmung dieser Zahl unbedingt die Aufgabe der Chemie gewesen und erst, wenn sie dieselbe mit aller Schärfe dem augenblicklichen Standpunkt der Wissenschaft nach geliefert hat, dürfte der physiologische Chemiker, auf diese Zahl sich stützend, in seinen Untersuchungen sicheren Schrittes weiter schreiten.

Schlagen wir aber in dieser Richtung hin in der Literatur nach, so müssen wir bekennen, dass die Chemie dieser ihrer Aufgabe den Blutkrystallen gegenüber durchaus nicht nachgekommen ist, ja, dass sie es selbst nicht einmal versucht hat, diese Frage nach Angaben, die ihr von der physiologischen Chemie überliefert worden waren, einer eingehenden kritischen Erörterung zu unterziehen.

---

1) Zeitsch. für phys. Ch. 1877—78. I. 317.

Die Chemie beobachtete ein Schweigen über die Moleculargewichtszahl des Hämoglobins, während die physiologische Chemie, die Grenzen ihrer Wissenschaft überschreitend, dieselbe mit ihren Mitteln, in ihrer Weise und in ihrem Interesse schon endgültig entschieden zu haben meint.

Die übereinstimmenden Resultate der chemischen Elementaranalyse verschiedener Blutkrystalle, ebenso wie verschiedene Aschenbestimmungen derselben, lieferten der physiologischen Chemie ein so reichhaltiges und, wie es schien, so sicheres Material, dass man sich für berechtigt hielt, mit Hülfe desselben die empirische Formel und somit die Moleculargewichtszahl des Hämoglobins abzuleiten und festzustellen. Desto auffallender ist es aber, dass Hoppe-Seyler in seinen verschiedenen Abhandlungen über die Zusammensetzung des Bluts und ebenso in seiner physiologischen Chemie nirgends die empirische Formel oder die Moleculargewichtszahl des Hämoglobins aufführt. Dass er aber eine derartige bestimmte Zahl anerkennt, geht in deutlichster Weise aus folgenden Worten[1]) hervor: «Nach einer grossen Zahl von Bestimmungen von C. Schmidt, mir, Preyer und «Anderen enthalten die Oxyhämoglobine 0,42 — 0,34 pCt. Eisen (alle 0,5 pCt. übersteigende Zahlen sind gewiss als zu hoch anzusehen). Da nun die Oxyhämoglobine als chemische Verbindungen angesehen werden müssen, ist es auch nöthig, dass der abtrennbare «Sauerstoff in einem bestimmten Äquivalentverhältniss zum Eisen des Oxyhämoglobins «steht.»

Entschiedener und klarer ist Preyer[2]), der nach einer kritischen Durchmusterung der verschiedenen Analysen von Blutkrystallen nicht allein einen mittleren Werth für die Zusammensetzung derselben, sondern aus diesen gleich auch die folgende empirische Formel ableitet:

$$C_{600}H_{960}N_{154}Fe_1S_3O_{179}$$

oder

		berechnet	gefunden
C_{600}	7200	54,01 %	54,00 %
H_{960}	960	7,20 »	7,25 »
N_{154}	2156	16,17 »	16,25 »
Fe_1	56	0,42 »	0,42 »
S_3	96	0,72 »	0,63 »
O_{179}	2864	21,48 »	21,45 »
	13332	100,00 %	100,00 %

Diese Moleculargewichtszahl des Oxyhämoglobins versuchte Preyer noch auf einem anderen Wege festzustellen, nämlich durch das Verhalten einer verdünnten Lösung von

1) Hoppe-Seyler, Phys. Chemie. 1879. S. 382.
2) Preyer, die Blutkrystalle. 1871. S. 65.

kohlensaurem Natron zu einer Lösung von Hämoglobin von bestimmtem Gehalt. Zwei Versuche wurden ausgeführt, die auch zu hinlänglich übereinstimmenden Resultaten führten, doch nichts desto weniger legte Preyer denselben keinen besonderen Werth bei.

Die von Preyer aufgestellte empirische Formel der Blutkrystalle finden wir denn auch von Gorup-Besanez[1]) angenommen und aufgeführt.

Schliesslich leiteten Hüfner und Marshall das Moleculargewicht des Oxyhämoglobins durch Reihen physikalisch-chemischer Untersuchungen ab, die in jeder Hinsicht die volle Anerkennung verdienen.

Hüfner[2]) bestimmte nämlich die Menge Sauerstoff ausgedrückt in ccm., reducirt auf 0° und 1 M. Druck, die von 1 Gramm Hämoglobin locker chemisch gebunden wird. Diese Grösse fand Hüfner = 1,202 ccm. Sauerstoff, und mit Hülfe desselben berechnet sich dann das Moleculargewicht des Oxyhämoglobins = 14165 und das des Hämoglobins = 14133.

Für diese Zahlen fand Hüfner noch eine Bestätigung in einer sorgfältigen Umberechnung der chemischen Analysen der Blutkrystalle unter Anwendung der Interpolation, wobei er für das Oxyhämoglobin die Zahl 14161 und somit für das Hämoglobin 14129 erhielt und demnach die empirische Formel

$$C_{636}H_{1025}N_{164}Fe_1S_3O_{189}$$

oder

		berechnet	gefunden
C_{636}	...7632	54,02	54,00
H_{1025}	...1025	7,25	7,25
N_{164}	...2296	16,25	16,25
Fe_1	 56	0,40	0,42
S_3	 96	0,68	0,63
O_{189}	...3024	21,40	21,45
	14129	100,00	100,00

Diese Bestimmungen fanden eine glänzende Bestätigung durch die Arbeit von Marshall[3]), indem er zeigte, dass 1 Gramm Hämoglobin 1,205 ccm. (bei 0° und 1 M. Druck) Kohlenoxyd zurückhält. Hieraus berechnet sich das Moleculargewicht des Hämoglobins = 14127 und das des Kohlenoxydhämoglobins = 14157.

Nach diesen so übereinstimmenden Resultaten sollte man wirklich glauben, dass über die Grösse der Moleculargewichtszahl des Hämoglobins durchaus keine weitere Rede sein könne. Legen wir aber die oben aufgeführten empirischen Formeln, wie die aus denselben

1) Gorup-Besanez, Lehrb. der phys. Chem. 1878. S. 152.

2) Journ. für prakt. Chem. 1880. 22. S. 385.

3) Zeitschr. für phys. Chem. 1883. VII. S. 81.

abgeleiteten Moleculargewichtszahlen für das Hämoglobin einem Chemiker zur Beurtheilung vor, so muss er trotz der vorliegenden Thatsachen sich dahin aussprechen, dass schon einzig und allein die Grösse der aufgestellten Moleculargewichtszahl des Hämoglobins sehr viel Unwahrscheinliches für sich hat, zumal wir in der Wissenschaft nicht auf ähnliche Zahlen hinzuweisen haben. Ausserdem liegt ja gar kein Grund vor, warum die Natur sich gerade im Blut eines so grossen Molecüls bedienen muss, um eine so minimale Quantität von Sauerstoff oder Kohlenoxyd locker zu binden, wo sie doch sonst mit kleinen und kleinsten Massen viel grössere Effecte zu erreichen vermag.

Eine derartige Betrachtung muss den Chemiker gewiss schon der Bestimmung einer so hohen Moleculargewichtszahl gegenüber befangen machen, doch immerhin liegt darin noch kein begründeter Einwand.

Wenn wir aber die Resultate der chemischen Elementaranalysen der Blutkrystalle eingehender betrachten, so kann man sich nicht genug über die kleinen Quantitäten von Eisen und Schwefel wundern, welchen man ein so grosses Gewicht in der Berechnung der empirischen Formel und somit der Moleculargewichtszahl eingeräumt hat. Dieses wird besonders noch dadurch auffallender, dass man die Quantitäten des Eisengehalts in so überaus enge Grenzen einschliesst, dem Schwefelgehalt gegenüber aber nicht so streng auftritt.

Wenn einem Chemiker im Verlauf von Analysen einer und derselben Verbindung, aus verschiedenen Bereitungen herstammend, beständig minimale Beimengungen irgend eines Körpers und zwar in ziemlich constanten Quantitäten begegnen, so sieht er sie zuerst als zufällige Beimischungen an, die sich durch den Gang der Darstellung der untersuchten Verbindung nicht weiter abscheiden lassen. Erst wenn er sich auf einem anderen Wege, entweder durch eine veränderte Darstellung oder noch besser durch Reihen von neuen Reactions- und Zersetzungs-Erscheinungen von der Nothwendigkeit jener minimalen Quantitäten bestimmter Körper in dem Molecularcomplex jener untersuchten Verbindung überzeugt hat, dann steht der Vollgewichtigkeit der Elementaranalysen nichts mehr im Wege und auf diese basirend kann man dann mit vollem Recht nach dem augenblicklichem Standpunkt der Wissenschaft die empirische Formel und somit die Moleculargewichtszahl der in Frage stehenden Verbindung berechnen.

In Bezug der Blutkrystalle war von einer Anwendung wiederholter Umkrystallisirungen nicht viel oder richtiger nichts zu erwarten, da die Bedingungen, unter welchen das Umkrystallisiren ausgeführt werden musste, in so überaus enge und strenge Grenzen eingeschlossen sind. Ausserdem ist es ja eine nur zu bekannte Thatsache, dass man sowohl in der anorganischen wie in der organischen Natur nur zu häufig Gemenge verschiedener krystallinischer Verbindungen antrifft, die durch einfache Krystallisationen, auch unter den günstigsten Verhältnissen, nur bis zu bestimmten Grenzen von einander getrennt werden können. Will man die Trennung solcher Verbindungen noch weiter durchführen, so muss man schon zu anderen Mitteln und Wegen seine Zuflucht nehmen. Dasselbe gilt noch mehr,

wo es sich um die Trennung einer krystallisirbaren Substanz von mechanisch mitgenommenen organischen Farbstoffen handelt.

Gerade dieser letzte Fall könnte hier vorliegen, denn womit wollen wir beweisen, dass die Blutkrystalle nicht ihre Färbung mechanisch mitgenommenen bestimmten Quantitäten eines besonderen Blutfarbstoffes verdanken.

Eine endgültige Entscheidung einer solchen Frage können wir nur von einem eingehenden Studium der Zersetzungsproducte der Blutkrystalle erwarten, wobei die Wahl des einzuschlagenden Weges von bekannten, aber nicht hinreichend eruirten Thatsachen hergenommen werden muss.

Thun wir dieses, so müssen wir uns erinnern, dass als bekannt und in der Wissenschaft feststehend angenommen wird, dass, so beständig und wenig veränderlich die Blutkrystalle in ihrer natürlichen Auflösung im Blut unter den gewöhnlichen Einflüssen der Fäulniss sind, so leicht veränderlich sollen sie in ihren Lösungen selbst den scheinbar indifferentirten Reagentien — wie Alkohol, Aether, Chloroform — gegenüber sein. Es sollen dann rasch Dissociationen eintreten und in Folge davon Abspaltungen eiweissartiger Substanzen und verschiedene Zersetzungsproducte eines Farbstoffes auftreten.

Ferner wird angegeben, dass Hämoglobinlösungen durch Alkohol im Ueberschuss vollständig unter Eintritt tief eingreifender Zersetzungen niedergeschlagen werden. Dabei zeichnen sich die gebildeten Zersetzungsproducte durch eine vollständige Unlöslichkeit im Fällungsmittel, ebenso wie im Wasser, aus; in Alkalien ist aber der abgespaltene Farbstoff leicht, die eiweissartige Substanz dagegen schwer löslich.

Der Chemiker interpretirt diese Erscheinungen in anderer Weise, indem er in der Einwirkung von Alkohol auf die Lösung der Blutkrystalle gar keine Zersetzungen sieht, sondern eine einfache Ueberführung einer organischen Substanz in einen unlöslichen amorphen Zustand und dieses höchst wahrscheinlich unter Verlust bestimmter Wasser-Quantitäten. Diese Annahme gewinnt noch an Wahrscheinlichkeit dadurch, dass, wie bekannt, die Blutkrystalle immer bestimmte Quantitäten Krystallwasser enthalten sollen. Dieses chemisch gebundene Wasser verlieren die Krystalle durch die Einwirkung von Alkohol, sonst aber bleiben sie ihrer Zusammensetzung nach unverändert, nur in einem amorphen unlöslichen Zustand.

Hierüber müsste die Elementaranalyse Aufschluss geben, doch, so viel mir bekannt ist, liegen in der einschlagenden Literatur keine Analysen derartig gewonnener Niederschläge vor.

In diesen angedeuteten Thatsachen finden wir schon hinreichende und deutliche Hinweisungen, um die angeregte Frage über die Blutkrystalle eingehender untersuchen zu können.

Versetzen wir frische Blutkrystalle mit einem Ueberschuss von Alkohol, so bemerken wir augenblicklich eine Einwirkung. Die Krystalle nehmen eine dunklere Färbung an, doch ohne Veränderung ihrer Form. In diesem Zustande sind die Krystalle in Alkohol und

Wasser vollständig unlöslich, können darin ohne bemerkbare Veränderung der Farbe und Form gekocht werden. Behandeln wir aber darauf derartige unlösliche Blutkrystalle mit ammoniakalischem Spiritus, so färbt sich derselbe nach und nach, während die unlöslichen Krystalle eine hellere Farbe annehmen. Wenn eine derartige Behandlung eine längere Zeit hindurch unter Erneuerung des ammoniakalischen Spiritus fortgesetzt wird, so werden die Krystalle vollständig entfärbt. Selbstverständlich ist, dass je kleiner und feiner die Blutkrystalle waren, um desto leichter und schneller erfolgt die vollständige Entfärbung derselben. Derartig entfärbte Krystalle besitzen eine weisse oder gelbliche oder hellbräunliche Farbe, und bearbeitet man sie nach dem Trocknen in bekannter Weise mit Chlornatrium und Eisessigsäure, so erhält man keine Häminkrystalle. Wäscht man die entfärbten Blutkrystalle mit Wasser aus und trocknet sie dann an der Luft, so schrumpfen sie zu einer dunkelbraunen Masse zusammen. Die ammoniakalischen, mehr oder weniger stark rothbraun tingirten Spiritusauszüge geben bei hinreichender Concentration vor der Spalte des Spectralapparates einen scharfen Absorptionsstreifen im Roth.

Bei der Behandlung unlöslicher gefärbter Blutkrystalle mit Eisessigsäure erfolgt augenblicklich eine starke Volumvergrösserung derselben, doch ohne Veränderung der Krystallform. Hierbei löst sich der Farbstoff in der Säure vollständig auf. Lässt man die Eisessigsäure verdunsten, einerlei ob bei höherer oder gewöhnlicher Zimmer-Temperatur, so schrumpfen die Krystalle zu unförmlichen Massen zusammen, sowie man darauf aber wieder Eisessigsäure hinzugiebt, erfolgt augenblicklich wieder ein Aufquellen und die Krystalle zeigen sich wieder in ihrer ungewöhnlichen Grösse.

Hat man bei diesem Versuche vor dem Hinzufügen der Eisessigsäure erst Spuren von Chlornatrium zu den Krystallen gegeben, so erfolgt dieselbe Aufquellung, und wenn man nach einiger Zeit das Präparat unter dem Mikroscope durchmustert, so beobachtet man an verschiedenen Stellen das Auftreten von Häminkrystallen. Hierbei ereignet es sich, dass man Häminkrystalle eingelagert in den grossen aufgequollenen entfärbten Blutkrystallen antrifft.

In gleicher Weise wirkt auch concentrirte Schwefelsäure auf die unlöslichen Blutkrystalle, nur mit dem Unterschiede, dass dabei der Blutfarbstoff tiefer eingreifende Zersetzungen erleidet.

Schliesslich kann man die durch Alkohol in den unlöslichen Zustand übergeführten Blutkrystalle durch ein einfaches Schütteln mit Chlorwasser rasch und vollständig entfärben, wobei durchaus keine Veränderung der Krystalle zu bemerken ist.

Somit haben wir kennen gelernt, dass man die durch Alkohol in einen unlöslichen Zustand übergeführten Hämoglobinkrystalle ohne Veränderung ihrer Form durch eine einfache Behandlung mit ammoniakalischem Spiritus, Eisessigsäure, concentrirter Schwefelsäure, Chlorwasser in farblose Krystalle überführen kann.

Auf diese Thatsachen hin bin ich vom chemischen Standpunkte aus berechtigt, meine Ansicht dahin auszusprechen, dass die Hämoglobinkrystalle als Krystalle einer

farblosen eiweissartigen Substanz aufzufassen sind, die bisher noch nicht im reinen Zustande dargestellt werden konnten, sondern immer von kleinen, aber überaus gleichen Quantitäten eines oder verschiedener Blutfarbstoffe mechanisch gefärbt sind.

Diese über die Zusammensetzung der Hämoglobinkrystalle ausgesprochene Ansicht widerspricht direct der seit mehr als zwei Decennien in der physiologischen Chemie und Physiologie angenommenen Lehre vom Oxyhämoglobin nach Hoppe-Seyler, für die nicht ohne viel aufgewandte Mühe und wirklichen Scharfsinn seit Jahren derartige bestimmte überzeugende Thatsachen zusammengetragen worden sind, dass man diese Lehre als eines der schönsten, klarsten und exactesten Capitel aus dem chemischen Theil der Physiologie anzusehen sich für berechtigt hielt.

Trotz eines solchen Zugeständnisses muss ich mich gegen diese Theorie entschieden erklären, doch nicht gegen die der Wissenschaft auf diesem Gebiete der Untersuchungen überlieferten und anvertrauten Thatsachen. Diese bleiben in ihrer ganzen Schärfe und Kraft unangetastet als positive Wahrheiten stehen, nur müssen sie einer anderen Anschauungsweise angepasst werden, und, wie wir weiter unten sehen werden, ist dieses auch in den meisten Fällen in ungezwungenster Weise möglich.

Um aber meine Ansicht und Anschauung vertreten zu können, muss ich zwei Fragen ausführlicher erörtern, nämlich:

1) Wie ist im Allgemeinen die Zusammensetzung des defibrinirten Blutes?

und

2) Wie ist die Zusammensetzung der Blutkrystalle?

I. Wie ist im Allgemeinen die Zusammensetzung des defibrinirten Blutes?

Frisch defibrinirtes Blut bildet eine alkalisch reagirende dicke, trübe, rothe Flüssigkeit, die mit Wasser im Ueberschuss versetzt eine klare blutrothe Lösung giebt und vor der Spalte des Spectralapparates zwei charakteristische Absorptionsstreifen zeigt. Eine Probe des frischen Blutes, unter dem Mikroscope betrachtet, zeigt die Blutkörperchen und zwischen diesen mehr vereinzelt farblose granulirte Zellen, die sogenannten weissen Blutkörperchen oder Lymphkörperchen. Hieraus folgt, dass das Blut aus einer Flüssigkeit besteht, in der die rothen Blutkörperchen in überwiegender Menge und die Lymphkörperchen suspendirt sind. Aus dieser Flüssigkeit — dem Plasma — scheiden sich bei gehöriger Ruhe und bei niedriger Temperatur in einigen Blutarten die Blutkörperchen freiwillig ab. Dieses erfolgt am besten beim Pferdeblut.

Das Plasma ist immer mehr oder weniger stark gelb tingirt und giebt vor der Spalte des Spectralapparates die Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins, woraus wir schliessen müssen, dass Spuren dieser Verbindung sich im Plasma im aufgelösten Zustande befinden

müssen. Richtiger ist aber wohl die Ansicht, dass die Auflösung des Blutfarbstoffes erst später erfolgt ist, und zwar durch den Vorgang des Blutentnehmens, durch das Defibriniren und durch das blosse Stehen, unter welchen Verhältnissen augenblicklich die chemischen Beziehungen der einzelnen Bestandtheile des Blutes in gegenseitige Wirkung treten. Die im Blut enthaltenen alkalisch reagirenden Verbindungen wirken auflösend auf die zarten Hüllen der Blutkörperchen, wodurch der Inhalt derselben in Freiheit gesetzt wird, um sich dann im Plasma aufzulösen.

In allen Fällen, wo die Senkung der Blutkörperchen aus dem Plasma nicht aus freien Stücken in der Ruhe erfolgt, lässt sie sich durch Zusatz von Salzen, in Sonderheit von Chlornatriumlösungen erreichen; doch dieses ist immer schon eine complicirtere Erscheinung und gehört deswegen nicht hierher.

Die Blutkörperchen sind Zellen, in welchen die Blutfarbstoffe, Eiweissstoffe und andere organische wie anorganische Verbindungen in noch mehr oder weniger unbekannter Weise eingeschlossen sind.

Die Zellennatur der Blutkörperchen lässt sich durch directe Versuche unter Mithülfe von Kohlensäure oder von Aether in schlagendster Weise darlegen.

Oben sagte ich, dass beim Vermischen von Blut mit Wasser rasch eine vollständige Lösung der Blutkörperchen erfolge. Streng genommen ist dieses nicht richtig, denn in Wirklichkeit blähen sich zuerst die Hüllen der Blutkörperchen durch die Einwirkung des Wassers nur hyalinartig auf, und lassen sich dadurch unter dem Mikroscope nicht mehr erkennen, doch die eigentliche Auflösung derselben erfolgt erst später.

Diese Eigenschaft des Aufblähens und des späteren Auflösens der Blutkörperchen können wir durch eine geeignete Behandlung mit Kohlensäure vollständig unterdrücken. Man hat nur nöthig Blut in kaltes Wasser, das mit Kohlensäure nicht allein gesättigt ist, oder noch besser, durch welches ein starker Strom von Kohlensäure hindurchstreicht, langsam in kleinen Quantitäten hineinfliessen zu lassen, so erfolgt augenblicklich eine starke Färbung des Wassers, doch zugleich damit stellt sich eine Trübung ein. Unterbricht man nach einigen Minuten den Kohlensäurestrom, so sondert sich in der Ruhe bald ein voluminöser Niederschlag ab, so dass die überstehende Blutlösung vollständig klar wird und später mit einem Heber abgezogen werden kann. Den gefärbten Bodensatz wäscht man darauf durch wiederholte Behandlungen mit kohlensäurehaltigem Wasser und durch Abstehenlassen so lange aus, bis das Waschwasser durchaus farblos erscheint und eine Probe[1]) des Unlöslichen nach dem Trocknen auf dem Objectglase mit Chlornatrium und Essigsäure behandelt keine Häminkrystalle giebt.

1) Diese Prüfung ist unstreitig die empfindlichste, doch nur unter der Vorsichtsmaassregel, dass man die auf dem Objectglase eingetrocknete Probe nach dem Zusatz von Chlornatrium und Eisessigsäure überaus schwach erwärmt und dann erkalten lässt. Enthält die Probe noch Blutfarbstoff, so bilden sich nach einiger Zeit Häminkrystalle und zwar in der Probe selbst, wo die Krystalle dann vereinzelt, oder meistens in kleinen Gruppen nebeneinanderliegend, durch ihre charakteristische Form und Farbe erkannt werden können.

Dieser so erhaltene Niederschlag von mehr oder weniger hellgrauer Farbe besteht, unter dem Mikroscope betrachtet, aus den zarten Hüllen der Blutkörperchen, die einen etwas grösseren Durchmesser als die frischen Blutkörperchen zeigen, und zwischen diesen die granulirten Lymphkörperchen in normaler Grösse, mit schärferen Contouren, so dass man die in ihnen eingelagerten Zellkerne überaus scharf und deutlich erkennen und zählen kann. Diese zarten Blutzellen treten deutlicher hervor durch eine Färbung mit einer verdünnten Lösung von Jod in Jodkalium oder mit einer Eosinlösung. In Chloroformwasser lassen sie sich ohne irgend welche Veränderung Jahre hindurch aufbewahren, ebenso auch in Glycerin für mikroscopische Präparate.

Wenn man die gereinigten Blutzellen auf ein Filter giebt, um das Wasser so viel als möglich abtropfen zu lassen, so nehmen sie durch die Berührung mit der Luft eine dunklere Färbung an, und untersucht man darauf eine Probe unter dem Mikroscope nach Zusatz von Wasser oder Glycerin oder Weinsäure, so lassen sich die früheren Blutzellen nicht mehr erkennen. Man beobachtet dann in einer amorphen Masse die scharfen Contouren der Lymphkörperchen. Trocknen schliesslich diese Hüllen an der Luft ein, so erhält man eine harte, dunkel gefärbte, hornige Masse, die nach einem Aufweichen in Wasser in entschiedenster Weise blaues Lackmuspapier röthet.

Wenn man die entfärbten Blutzellen in einem Stöpselglase mit Aether behandelt, so quellen sie auf, so dass sie sich, leichter als Wasser, auf der Scheidungsfläche zwischen Wasser und Aether ansammeln. Diese Abscheidung erfolgt rasch, so dass man nach einigen Augenblicken den klaren Aether abgiessen und durch neuen ersetzen kann. Ein derartiges Ausschütteln wiederholt man zu verschiedenen Malen, und wenn man schliesslich die Aetherauszüge abdestillirt, so erhält man einen gelbgefärbten fettartigen Rückstand, der in der Ruhe bei gewöhnlicher Zimmertemperatur vollständig erstarrt in Form von feinen gelblich gefärbten Nadeln. Bleibt diese Masse unter Zutritt der Luft stehen, so bleicht sie aus und wird ganz farblos.

Dieser Rückstand ist leicht und vollständig löslich in Aether, und schüttelt man eine derartige Lösung mit einer verdünnten Kali- oder Natronlösung, so erfolgt augenblicklich eine theilweise Verseifung, die sich durch eine Gelbfärbung der wässrigen Lösung zu erkennen giebt. Die farblose Aetherlösung giebt nach dem Abdampfen einen blendend weissen krystallinischen Rückstand, der hauptsächlich aus Cholesterin mit Spuren von Lecithin und Fett besteht. Aus der gelblich gefärbten alkalischen Ausschüttelung erhält man durch Uebersättigung mit Schwefelsäure augenblicklich eine Trübung und später einen Niederschlag, der sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit ansammelt. Dieser schwach gelblich gefärbte Niederschlag ist in Wasser unlöslich, kann auf einem Filter gesammelt, ausgewaschen und bei 100° getrocknet werden, wobei er schmilzt ohne eine weitere Veränderung zu zeigen. Diese geschmolzene Masse röthet Lackmuspapier und löst sich in Ammoniak vollständig mit gelblicher Farbe auf. Dampft man eine derartige Lösung im tarirten Platintiegel im Wasserbade zur Trockne, so bleibt die Säure in unverdünntem Zustande zurück.

In Kali ist sie leicht löslich unter Entwickelung von Ammoniak, und wenn man eine derartige Lösung zur Trockne dampft, unter Zusatz von Salpeter glüht, so erhält man einen Rückstand, in dem die Gegenwart von Phosphorsäure mit Leichtigkeit nachgewiesen werden konnte. Durch diese Thatsache finde ich mich nun für berechtigt, diese Säure als Cerebrinsäure anzusehen, wofür auch noch spricht, dass sie nach längerem Kochen mit Schwefelsäure eine Lösung giebt, in der durch die Fehling'sche Kupferlösung die Gegenwart von Zucker dargelegt werden konnte.

Die Extraction dieser verschiedenen Körper durch Aether aus den Blutzellen geht aber überaus langsam vor sich, da das Diffundirvermögen dieser Substanzen ein überaus minimales ist und ausserdem noch vollständig von dem Zustande der Blutzellen abhängt. Als Beleg hierfür kann ich auf zwei Versuche hinweisen.

Frisches Menschenblut war im December 1874 auf einer Porzellanplatte unter der Luftpumpe über Schwefelsäure möglichst rasch eingetrocknet und später in einer einfachen Papierkapsel aufgehoben worden. Von diesem Blut wurde eine grössere Probe in oben beschriebener Weise mit Kohlensäure und Wasser behandelt. Es erfolgte nach und nach ein Auflösen der Blutfarbstoffe und des Blutalbumins, doch überaus langsam und unvollständig. Durch wiederholtes Wechseln des Wassers und durch häufiges Durchleiten von Kohlensäure erreichte man schliesslich, dass das Wasser sich nicht mehr färbte, während der unlösliche aufgequollene Rückstand eine hellere braune Farbe angenommen hatte. Proben dieses Rückstandes, unter dem Mikroscope betrachtet, gaben das deutlichste Bild der unveränderten Blutkörperchen, die theils frei herumlagen, theils und zwar vorzüglich sich noch in der bekannten Form der geldrollenähnlichen Aneinanderreihung zeigten. Diese Formen traten noch entschieden deutlicher hervor, als eine Probe nach dem Austrocknen mit concentrirter Schwefelsäure behandelt wurde.

Aus diesem Rückstande konnten mit Aether nur minimale Spuren von Cholesterin ausgeschüttelt werden. Als aber darauf zum Rückstande einige Tropfen einer schwachen Kalilösung hinzugegeben wurden, so löste sich Alles nach und nach vollständig mit dunkelbraunrother Farbe auf und aus dieser Lösung konnte durch Ausschüttelung mit Aether und Abdampfung desselben in deutlichster Weise das Cholesterin und seine Begleiter nachgewiesen werden.

Ein gleiches Resultat wurde bei einem Versuch mit Schaafsblut erhalten, das vor 10 Jahren an der Luft eingetrocknet war. Hiernach gehören derartige Extractionsarbeiten zu den langweiligsten und zeitraubendsten, zumal man doch keine vollständige Trennung erreichen kann.

Die nach dem Abschluss der Aetherbehandlung rückständigen Blutzellen bilden eine weisse oder graue eiweissartige Masse und betrachtet man eine Probe desselben nach Zusatz von Weinsäure unter dem Mikroscope, so erblickt man in einer amorphen Masse die sogenannten Lymphkörperchen mit ihren characteristischen Granulationen eingelagert.

Wenn man aber durch die rückständige stark ätherhaltige Masse einen Strom ge-

reinigter Kohlensäure längere Zeit hindurchleitet, so wird nicht allein der freie Aether verflüchtigt, sondern auch der aus dem Innern der Blutzellen, wodurch dieselben schwerer werden und im Wasser untersinken. Nimmt man jetzt eine Probe dieser Masse unters Mikroscop nach Zusatz von conc. Weinsäure, so erkennt man überaus deutlich die Contouren der einzelnen Blutkörperchen und zwischen diesen die granulirten Zellen, verschieden an Grösse und Habitus[1]).

Behandelt man darauf eine derartige Blutkörperchenmasse mit verdünntem Ammoniak, so erfolgt erst eine gallertartige Aufquellung und später nach und nach eine Lösung der ganzen Masse. Diese Auflösung ist aber nur eine scheinbare. Verdünnt man nämlich dieselbe mit einem grossen Ueberschuss von Wasser und überlässt man dann Alles in einem geschlossenen Gefässe der Ruhe, so findet man, dass sich nach und nach aus der Lösung eine überaus hyaline Gallerte abscheidet und zu Boden senkt. Diese Ausscheidung erfolgt, wie gesagt, überaus langsam, doch immerhin kann man schliesslich die klare Flüssigkeit mit einem Heber abziehen, die Gallerte mit frischem Wasser wieder aufrühren, um sie später wieder abstehen zu lassen. In dieser Weise gelingt das Auswaschen der Gallerte vollständig und schliesslich kann man sie in einer Platinschale eindampfen und trocknen, wo sie als eine dunkel graue hornartige Masse zurückbleibt. Oder man setzt zur Gallerte einige Tropfen Chloroform hinzu, um sie so vor allen ferneren Zersetzungen zu schützen. Untersucht man schliesslich eine derartig gereinigte Gallerte unter dem Mikroscope, so erkennt man in derselben die früheren Formen der Blutzellen und Lymphkörperchen, nur in einer noch hyalineren Form.

Eine Trennung eines derartigen Niederschlages von der Lösung durch eine einfache Filtration ausführen wollen, ist unmöglich, da die Poren des Filters überaus rasch von der Gallerte vollständig verstopft werden.

Versetzt man die mit einem Heber klar abgezogene ammoniakalische Lösung mit Essigsäure bis zur deutlichen sauren Reaction, so stellt sich ein Niederschlag ein, der sich nach und nach absetzt, um später auf einem Filter gesammelt ausgewaschen und getrocknet zu werden. Wenn man die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit kocht, so stellt sich ein neuer Niederschlag ein und nach Trennung desselben erhält man auf Zusatz einer Tanninlösung noch eine deutliche Fällung, die auf die Anwesenheit eines Peptons hinzeigt.

Fassen wir diese aufgeführten Erscheinungen und Thatsachen zusammen, so haben wir aus den Blutkörperchen nach der Behandlung mit Kohlensäure und mit Aether, unter An-

1) Die durch eine geeignete Behandlung der Blutzellen mit Aether hervorgerufenen Erscheinungen des Aufblähens sind mit denjenigen vollständig identisch, die ich in meinen Studien «über Milch» in Bezug der Milchzellen ausführlicher auseinandergesetzt habe.

Auf diese Thatsache, ebenso wie auf verschiedene andere ähnliche Erscheinungen hin, glaube ich mich ganz im Allgemeinen dahin aussprechen zu müssen, dass die Erscheinung des Aufquellens in Aether allen thierischen Zellen zugeschrieben werden muss während sie den pflanzlichen Zellen durchaus abgeht.

Belege für diesen Ausspruch hoffe ich bei einer anderen Gelegenheit in grösserer Ausführlichkeit vorlegen zu können.

wendung von Ammoniak das Vorhandensein von nicht weniger als 4 verschiedener Proteinkörper in mehr oder weniger characteristischer Weise dargelegt und von einander getrennt, die in ihren Eigenschaften mit den Verbindungen der Milch zusammenfallen, die ich unter den Bezeichnungen αCasein, βCasein, Albumin und Pepton aufgeführt habe.

Eine weiter eingehendere Untersuchung dieser Proteinkörper ist überaus wünschenswerth und hoffentlich wird es mir vergönnt sein im Herbst mit dem Eintritt der kühleren Witterung wieder diese Versuche aufzunehmen und auszudehnen.

Wenn ich hier das Verhalten des frischen defibrinirten Blutes zur Kohlensäure in grösserer Ausführlichkeit erörtet habe, so lag dieses in Sonderheit im Interesse der physiologisch-chemicshen Untersuchungen, die sich in neuester Zeit mit einem besonderen Eifer den speciellen Untersuchungen über die verschiedenen Formgebilde des Blutes zugewandt hatten, die man wie bekannt neben den Blutkörperchen in jedem Blut mehr oder weniger leicht beobachten kann. Diese Formgebilde, die ich im Verlauf meiner Mittheilung einfach unter dem allgemeinen Namen der Lymphkörperchen zusammengefasst und auf deren Verschiedenheit unter einander ich weiter nicht hingewiesen habe, erfordern noch manche specielle Untersuchungen, bei denen die Anwendung von Kohlensäure von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein wird.

Kehren wir nach diesen Abschweifungen zur aufgeworfenen Frage zurück, so bestätigen alle aufgeführten Versuche meinen Ausspruch, dass die Blutkörperchen Zellen sind, die in ihrem Innern Eiweissstoffe, Farbstoffe und anorganische Verbindungen als in Wasser leicht diffundirbare, dagegen Cholesterin, Licithin, Cerebrin und Spuren von Glyceriden als nicht diffundirbare Substanzen einschliessen.

Diese Zellen sind in Alkohol unlöslich und daraus folgt, dass, wenn wir frisches defibrinirtes Blut mit Alkohol im Ueberschuss versetzen, eine vollständige Fällung eintritt, so dass im Alkohol nur Spuren von organischen, wie anorganischen Verbindungen aufgelöst bleiben.

Wenn wir aber zur Fällung eines Blutes nicht absoluten Alkohol, sondern nur einen von 70° bis 80° Trl. anwenden, so erfolgt zuerst auch eine vollständige Fällung, doch wenn wir den Niederschlag unter häufigem Umschütteln eine längere Zeit hindurch mit dem Spiritus in Berührung lassen, so färbt sich dieser nach und nach mehr oder weniger roth. Ziehen wir darauf nach dem Abstehen des Gerinnsels den Spiritus mit einem Heber ab und geben auf den Rückstand neuen 70° Spiritus, so tingirt sich dieser nach gehörigem Umschütteln schon stärker.

Diese einfache Beobachtung und Thatsache bildete den Ausgangspunkt meiner weiteren Blutuntersuchungen, zu welchen wir jetzt übergehen müssen.

Bearbeitung frischen defibrinirten Blutes mit Spiritus.

Frisches defibrinirtes Blut wird durch Leinen gelassen, in verschiedene grosse Flaschen vertheilt, mit Wasser im Verhältniss wie 5 : 1 vermischt, umgeschüttelt und nach einigen

Minuten mit Spiritus (80° Trl.) im Ueberschuss versetzt und sorgfältig umgeschüttelt. Es erfolgt eine vollständige Fällung; nach einigem Umschütteln aber färbt sich der Spiritus gelblich oder schwach roth. Jetzt lässt man den Inhalt der Flaschen abstehen und zieht schliesslich den ersten Spiritusauszug mit einem Heber ab. Auf den Rückstand giebt man frischen Spiritus 70° Trl. und schüttelt Alles tüchtig und zu verschiedenen Malen um. Der Spiritus färbt sich und zwar intensiver als früher. Wenn man nach widerholtem Umschütteln und Abstehen keine weitere Zunahme der Tingirung des Spiritus bemerkt, so lässt man den Niederschlag wieder sich vollständig absetzen und zieht den 2. Spiritusauszug ab. In dieser Weise setzt man das Extrahiren des Blutgerinnsels fort und wird dabei bemerken, dass die nächst folgenden Auszüge stärker, die späteren dagegen wieder schwächer und schwächer tingirt erscheinen. Wenn schliesslich eine grössere Probe eines solchen Spiritusauszuges nach dem Abdampfen im Wasserbade nur einen unbedeutenden dunkelgefärbten Rückstand hinterlässt, so kann man die Spiritusausschüttelung des Blutgerinnsels als abgeschlossen ansehen.

Die so gewonnenen verschiedenen Spiritusauszüge werden nach einer Filtration der Destillation unterworfen, wobei man aber die ersten Auszüge zusammen, getrennt von den spätern, nehmen muss. Bei der Destillation, zu der man am besten eine grosse Zinnblase verwendet, geht der Spiritus farblos über; nur muss man bei der Destillation der ersten Auszüge vorsichtig sein, da die in der Blase rückständige Masse überaus stark schäumt und leicht übergeht. Deswegen ist es vorzuziehen in diesen Fällen die Destillation früher zu unterbrechen und die letzten Antheile von Spiritus durch ein weiteres Abdampfen der Lösungen in grossen Porcellanschalen auf dem Wasserbade zu vertreiben.

Wenn man zu diesen Versuchen Pferde- oder Ochsenblut genommen hat, so besitzen die in der Destillirblase rückständigen Lösungen der ersten Auszüge eine stark dunkelbraune oder grüne Farbe, auf deren Oberfläche grosse, fettartige, dunkelgrün gefärbte Massen herumschwimmen, oder an den Wänden der Blase wie Fett anhaften. Dabei verbreiten diese Lösungen einen eigenthümlichen starken Geruch nach frisch getrocknetem Gras, somit nach Futter und erinnern überaus an ähnliche Spiritusauszüge aus Pflanzen, vorzüglich aus Conserven, die ich zu verschiedenen Zeiten auch derartig extrahirt habe.

Die späteren Auszüge lassen sich vollständig abdestilliren und geben stark dunkel rothbraun tingirte Lösungen aus welchen sich beim Stehen Spuren eines schwarzen krystallinischen Pulvers abscheiden.

Ebenso wie man die ersten und späteren Spiritusauszüge getrennt der Destillation unterwirft, so werden auch die rückständigen Lösungen getrennt mit Aether im Scheidetrichter ausgeschüttelt. Der Aether färbt sich sehr stark, wird abgezogen und mit neuen Portionen von Aether die Ausschüttelung so lange fortgesetzt, bis der Aether beim Abdampfen einen Rückstand hinterlässt.

Die Aetherauszüge werden in bekannter Weise destillirt und hinterlassen schliesslich den sogenannten Aetherrückstand.

Die mit Aether umgeschüttelten wässrigen Lösungen werden erst bei sehr gelinder Wärme, später aber im Wasserbade abgedampft, und liefern den Wasserauszug.

Nach Abschluss der Spiritusausschüttelungen behandelt man den dunkel gefärbten Blutrückstand wieder mit Spiritus, der mit starkem Aetzammoniak im Ueberschuss versetzt war. Die Einwirkung ist eine augenblickliche. Der Spiritus färbt sich dunkelroth und wenn man nach einigem Umschütteln das Gemenge der Ruhe überlässt, so erfolgt ziemlich rasch eine Trennung des Ungelösten von der stark tingirten Lösung, die mit einem Heber abgezogen werden kann. Der Rückstand wird wieder mit ammoniakalischem Spiritus behandelt und im Verhältniss als die Auflösung des Farbstoffes erfolgt, nehmen die Lösungen erst an Färbung zu, später wiederum ab und schliesslich erhält man stark braun-roth gefärbte Auszüge, die aber beim Eindampfen nur Spuren eines Rückstandes hinterlassen. In demselben Verhältniss wird auch die Färbung des Gerinnsels eine hellere und diese beiden Erscheinungen zeigen an, dass man die Extraction mit ammoniakalischem Spiritus als beendigt ansehen kann, zumal noch bei einer Verarbeitung von grösseren Blutquantitäten, wobei es sich einzig und allein um die Darstellung grösserer Quantitäten der einzelnen Extractionsproducte handelt.

Die successiven ammoniakalischen Spiritusauszüge werden filtrirt und wie die früheren der Destillation unterworfen, bis aller Spiritus vollständig übergegangen ist. Darauf lässt man die Blase erkalten und als Rückstand erhält man eine dunkel tingirte Lösung, die sich vollständig von einem compact am Boden der Blase anliegenden dunkel indigo-blau gefärbten Bodensatz abgiessen lässt. Diese Lösung zeigt dieselben Eigenschaften wie die der letzten Spiritusauszüge, so dass sie mit denselben zusammen genommen werden kann.

Den Bodensatz in der Blase rührt man darauf mit Wasser auf und spült ihn in ein Becherglas hinein, um ihn wieder sich absetzen zu lassen. Das Abstehen erfolgt langsam, doch schliesslich so vollständig, dass man das Waschwasser wieder abgiessen kann. Ein derartiges Auswaschen widerholt man so oft, bis das Wasser vollständig farblos bleibt. Darauf wäscht man den Niederschlag noch mit Alkohol und Aether aus, um kleine Beimengungen von Fett und anderen Substanzen zu entfernen. Schliesslich trocknet man den Rückstand — den krystallinischen Farbstoff — erst an der Luft und dann im Trockenschrank bei 100°.

Alle diese Operationen erfordern Zeit und Geduld, zumal da sich die fein krystallinische Verbindung überaus langsam absetzt. Durch Filtration erreicht man nur noch schwerer das Ziel, da die Krystalle sich überaus fest an's Papier ansetzen und die Poren desselben vollständig verstopfen.

Den nach der Behandlung mit ammoniakalischem Spiritus unlöslichen Rückstand — das Blut-Albumin — giebt man schliesslich auf Leinen, presst ihn aus und trocknet ihn zwischen Papier an der Luft. Dieses Blut-Albumin bildet im trocknen Zustande ein lockeres leichtes Pulver von hellgelblicher bis bräunlicher Farbe, je nach dem der Farbstoff mehr oder weniger vollständig ausgezogen worden war. Mit Wasser lässt es sich sehr schwer be-

feuchten, dazu ist ein häufiges Umrühren und ein Erwärmen bis auf + 60° C. erforderlich. Alsdann erfolgt ein Erweichen und ein Aufquellen. Filtrirt man schliesslich das Wasser ab, so kann man in demselben mit einer Tanninlösung Spuren von leimartigen Substanzen und durch eine Barytlösung die Gegenwart von schwefelsauren Salzen nachweisen. Trocknet man den Rückstand nach der Behandlung mit Wasser, so erhält man eine dunkelbraune oder schwarze hornartige Masse.

Unter Einhaltung dieses Ganges der Bearbeitung sind zu verschiedenen Zeiten nicht allein grössere Quantitäten von Pferde-, Ochsen- oder Truthahn-Blut zur Darstellung der einzelnen Gruppen verarbeitet worden, sondern ebenso auch, nur noch unter Beobachtung verschiedener Vorsichtsmaassregeln und kleiner Handgriffe, die sich im Verlaufe der Arbeit von selbst als nöthig herausstellten, quantitative Analysen von frischem, defibrinirtem Blut ausgeführt worden, die wir hier gleich folgen lassen.

Drei verschiedenen Proben von Ochsenblut gaben:

	I.	II.	III.
Aetherrückstand	0,33 %	0,23 %	0,45 %
Wasserauszug	1,48 »	2,35 »	1,19 »
Krystallinischen Farbstoff		0,43 »	0,53 »
Blutalbumin	14,36 »	20,00 »	18,26 »
	16,17 %	23,01 %	20,43 %

Zur Controlle obiger Zahlen wurden gleichzeitig bestimmte Quantitäten dieser Blutproben unter der Luftpumpe über Schwefelsäure und Chlorcalcium abgedampft und ausgetrocknet. Es ergaben sich:

Rückstand	15,15	18,56	21,36
Wasser	84,85	81,44	78,64
	100,00	100,00	100,00

Resultate, die hinreichend gut mit den Summen obiger Einzelbestimmungen übereinstimmen.

Die in der Analyse III verzeichneten Quantitäten der einzelnen Gruppen wurden darauf noch einer weiteren Untersuchung unterworfen. Hierbei ergaben sich in den 0,45% Aetherrückstand:

Cholesterin	0,32 %
Fett	0,08 »
Lecithin + Cerebrin	0,11 »

Der Wasserauszug = 1,19% wurde im Platintiegel unter Zutritt der Luft verbrannt und ausgeglüht, unter Hinterlassung von 0,75% einer stark alkalisch reagirenden Asche,

die sich fast vollständig in Wasser auflöste. In dieser Lösung konnten darauf, ausser Kali und Natron, noch Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure und Chlor nachgewiesen werden.

Der krystallinische Farbstoff = 0,53% von einer indigoblauen Farbe war in Wasser vollständig unlöslich, in verdünntem Ammoniak sehr schwer löslich, in starkem Ammoniak dagegen leicht und vollständig löslich mit dunkelbrauner Farbe. Es wurden 0,116 Grm. dieses Farbstoffes nach dem Auflösen in Ammoniak in einem tarirten Platintiegel wieder eingedampft, bei 100° getrocknet und gaben 0,115 Grm. Das Gewicht dieses Rückstandes blieb dasselbe, als der Farbstoff wieder in Ammoniak aufgelöst und wieder abgedampft wurde. Darauf wurde der Farbstoff wieder in Ammoniak gelöst, die Lösung mit Wasser verdünnt und dann in der Siedhitze mit Salzsäure im Ueberschuss versetzt. Es erfolgte augenblicklich eine vollständige Fällung des Farbstoffes, so dass nach dem Abstehen des Niederschlages die Flüssigkeit farblos war. Der Niederschlag wurde auf einem tarirten Filter gesammelt, mit heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet und schliesslich dem Gewicht nach = 0,112 Grm. bestimmt.

Das Filtrat wurde erst in einer Platinschale eingedampft, darauf in einem Platintiegel zur Trockne gebracht, wo nur Spuren eines Rückstandes blieben, der nach dem Glühen eine weisse Asche = 0,0035 Grm. hinterliess, in der Spuren von Kieselsäure, Phosphorsäure, Kalkerde nachgewiesen werden konnten.

Der Farbstoff gab schliesslich beim Glühen 9,48% einer stark rothgefärbten Asche, in der 7,10% phosphorsäurehaltiges Eisenoxyd mit Spuren von Kalkerde und Kieselsäure enthalten waren.

In gleicher Weise wurden 2 Proben von Truthahnblut untersucht und folgende Resultate erhalten:

	I.	II.
Aetherrückstand	0,58%	0,47%
Wasserauszug durch Spiritus	1,49 »	1,77 »
Wasserauszug durch ammonikal. Spiritus	0,24 »	0,36 »
Krystallinischer Farbstoff	0,20 »	0,48 »
Blutalbumin	13,91 »	96,92 »
Wasser	83,58 »	
	100,00%	100,00%

Zu diesen Resultaten müssen wir noch hinzufügen, dass zur Analyse I 15,670 Grm. frischen Blutes genommen worden waren, die 4 mal hintereinander mit je 500 CC Spiritus 70° Trl. ausgeschüttelt wurden. Die ersten 2 Auszüge, die bräunlich roth tingirt waren, blieben während 8 Tage stehen und in Folge davon hatten sich in der Lösung einzelne nadelförmige Krystalle ausgeschieden, doch leider nur in so geringer Quantität, dass sie weiter nicht berücksichtigt werden konnten. Nur das Factum wurde verzeichnet.

Nach der Extraction mit Spiritus wurde der dunkel gefärbte Rückstand 3 mal mit ammoniakalischem Spiritus ausgezogen.

Zur zweiten Analyse waren 28,783 Grm. Blut genommen; die Behandlung mit je 500 CC Spiritus wurde 6 mal und ebenso später mit ammoniakalischem Spiritus 8 mal wiederholt.

Schliesslich haben wir noch einen Versuch mit Pferdeblut aufzuführen.

Ganz frisches Pferdeblut (sp. Gew. = 1,0554 bei + 12° C.) wurde in verschiedenen graduirten Cylindern bei einer Temperatur von + 1° bis + 4° C. zum Abstehen hingestellt. Nach 24 Stunden ergaben sich aus 100 CC Blut

38,88 CC Blutkörperchen
39,00 »
40,45 »
40,50 »

Mittel = 39,70 CC Blutkörperchen.

Das Plasma von rein gelber Farbe, mit starker alkalischer Reaction, zeigte das sp. Gew. = 1,0408.

In einem anderen Versuch blieb das Glas 48 Stunden lang stehen und darauf ergaben sich:

56,0 CC Plasma
3,0 » Lymphkörperchen
41,0 » Blutkörperchen

54,0 CC des Plasma konnten mit einem Heber abgezogen werden, worauf der Rückstand = 46,0 CC in oben angegebener Weise erst mit Spiritus und später mit ammoniakalischem Spiritus behandelt wurde. Die gewonnenen Quantitäten ergaben:

Aetherrückstand } Wasserauszug }	1,302	Grm. oder	2,83%
Krystallinischer Farbstoff	0,252	» »	0,54 »
Blutalbumin	14,372	» »	31,24 »
Wasser	30,074	» »	65,39 »
	46,0	Grm.	100,00

Das rückständige Blutalbumin war noch stark tingirt und um eine richtige Vorstellung über die Quantität von Farbstoff, die in dem Rückstande noch enthalten war, zu bekommen, wurde das rückständige Blutalbumin in einem tarirten Platintiegel verkohlt und verbrannt. Es hinterblieb eine Asche aus reinem Eisenoxyd = 0,066 Grm. Nehmen wir nun an, dass der krystallinische Blutfarbstoff nach dem Verbrennen 12,4% Eisenoxyd hinterlässt, so folgt daraus, dass in dem Rückstande noch 0,53 Grm. Blutfarbstoff enthalten waren und wir somit durch die Behandlung nur ein Drittel des ganzen Farbstoffgehaltes ausgezogen hatten.

Dieses überaus ungünstige Resultat lässt sich dadurch erklären, dass die 46 CC Blutkörperchenmasse direct mit einem 70° Spiritus niedergeschlagen worden waren. Dieses war ein Versehen, denn man hätte vorher die dicke Blutmasse erst mit 50 CC Wasser vermischen und umschütteln müssen, wodurch die Zellen der Blutkörperchen in einen mehr hyalinen Zustand übergeführt worden wären und in Folge wovon die Blutfarbstoffe aus den Zellen ins Wasser hindurch diffundiren können.

Die 54 CC Plasma wurden in gleicher Weise 3 mal mit Spiritus und später 3 mal mit ammoniakalischem Spiritus ausgezogen. Diese Lösungen, wie oben auseinandergesetzt, weiter bearbeitet, gaben:

Aetherrückstand...	0,120 Grm.	oder	0,22%
Wasserauszug.....	0,726 »	»	1,34 »
Blutalbumin.....	18,994 »	»	35,18 »
Wasser.....	— »	»	63,26 »
			100,00

Alle diese beschriebenen Versuche, ausgeführt mit kleinen Quantitäten von Blut, lieferten selbstverständlicher Weise nur kleine Quantitäten der 3 verschiedenen Rückstände, die durchaus nicht hinreichend waren, um eingehendere genauere Untersuchungen derselben vornehmen zu können. Wollte ich aber mit Erfolg auf dem eingeschlagenen Wege der Untersuchungen fortschreiten, so mussten grössere Mengen jener Rückstände geschafft werden und zwar dadurch, dass grössere Quantitäten frischen Blutes in Verarbeitung genommen wurden. Dieses war keine leichte Aufgabe, da die Ausführung und Durchführung derselben nicht allein mit manchen praktischen Schwierigkeiten für ein kleines Laboratorium, sondern auch mit einem nicht geringen Aufwand von Zeit, Kraft und Mitteln verbunden war.

Um ein deutliches Bild einer solchen Bearbeitung von Blut zu geben, lasse ich hier zwei Beispiele folgen.

Versuch mit Pferdeblut.

2280 CC Blut gaben nach 24 stündigem Abstehen 1210 CC Plasma und 1070 CC Blutkörperchenmasse.

Das Plasma stark alkalisch, gelb-röthlich gefärbt, gab vor der Spalte des Spectralapparates die Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins. Das specifische Gewicht bei + 12° = 1,0285. Durch Abdampfen unter der Luftpumpe wurden 9,29% eines rothbraunen Rückstandes erhalten.

1100 CC Plasma wurden mit 10 Litres Spiritus 75° Trl. versetzt. Es stellte sich augenblicklich ein blendend weisser voluminöser Niederschlag ein, während der Spiritus sich nur schwach gelblich tingirte. Die Extraction mit Spiritus wurde noch 3 mal wiederholt und alle Auszüge nach einer Filtration zusammen in einer Destillirblase abdestillirt. Die rückständige wässrige Lösung von stark alkalischer Reaction verbreitete einen starken Ge-

ruch nach kräftiger Bouillon. Die rückständige Flüssigkeit wurde im Scheidetrichter mit Aether ausgeschüttelt. Der Aetherauszug gab bei hinreichender Concentration ein deutliches Spectrum des sogenannten reducirten Hämatins (Preyer, Tafel I Spectrum 11).

Die wässrige Lösung von dunkelbrauner Farbe und starker alkalischer Reaction gab kein Spectrum.

Eine Probe der dunkelrothen Blutkörperchenmasse gab nach dem Austrocknen unter der Luftpumpe 33,52% eines festen Rückstandes, der sich später vollständig in Wasser auflöste.

1065 CC dieser Blutkörperchen wurden in einer grossen Flasche mit 1000 CC Wasser vermischt und nach einiger Zeit mit 7 Litres Spiritus (80° Trl.) gefällt. Die 4 ersten Spiritusauszüge wurden zusammen der Destillation unterworfen, wobei sich zum Schluss ein überaus starkes Schäumen einstellte, so dass schliesslich die letzten Antheile von Spiritus durch ein ferneres Abdampfen in einer Porcellanschale entfernt werden mussten. Die rückständige trübe Lösung wurde im Scheidetrichter mit Aether ausgeschüttelt, der sich stark färbte und darauf im tarirten Platintiegel eingedampft. Der bei 100° getrocknete dunkel gefärbte Rückstand = 8,40 Grm., war in Wasser vollständig löslich. Aus dieser Lösung wurde der Farbstoff durch Essigsäure gefällt, der nach dem Auswaschen und Trocknen bei 100° 0,24 Grm. betrug. Beim Glühen gab dieser Farbstoff eine Asche, in der Kalkerde, Phosphorsäure und Eisenoxyd nachgewiesen werden konnten. Die vom ausgefällten Farbstoff abfiltrirte Lösung von gelblicher Farbe gab nach dem Abdampfen und Glühen 4,83 Grm. Asche, die stark alkalisch reagirte und in welcher Alkalien mit Spuren von Kalkerde, Chlor und Schwefelsäure enthalten waren.

Die folgenden 4 Spiritusauszüge wurden ebenso zusammen verarbeitet. Bei der Destillation stellte sich zum Schluss ein starkes Schäumen ein; die Aetherausschüttelungen waren unbedeutend tingirt. Aus der stark concentrirten wässerigen Lösung schieden sich in der Ruhe Spuren eines schwarzen krystallinischen Pulvers ab, doch zu geringe, um weiter untersucht werden zu können. Nach dem Abdampfen und Trocknen wurden 2,49 Grm. eines Rückstandes erhalten, der in Wasser leicht und vollständig löslich war. Durch Essigsäure wurde aus der Lösung 1,05 Grm. Farbstoff gefällt. Das Filtrat gab nach dem Eindampfen und Glühen 0,95 Grm. Asche, in der ausser Alkalien nur noch Spuren von Kalkerde, Chlor und Schwefelsäure nachzuweisen waren. Somit bestand dieser Rückstand aus

42,1% Farbstoff,
38,1 » Asche.

Der Farbstoff, in Ammoniak gelöst und wieder abgedampft, gab dasselbe Gewicht. Durch Glühen wurden in demselben gefunden:

91,05% organische Substanz,
8,95 » Rückstand,

der nicht alkalisch reagirte. Die fernere Analyse dieses Rückstandes führte zu folgender Zusammensetzung:

Eisenoxyd . . . . . 55,0 %
Phosphorsäure . . . 20,0 »
Kieselsäure . . . . . 19,4 »

Die folgenden 4 Spiritusauszüge gaben nach der Destillation eine wässrige Lösung, die nicht mehr schäumte und aus welcher durch Aether nur Spuren ausgezogen werden konnten. Nach vollständigem Eindampfen und Austrocknen der Auszüge wurden 1,343 Grm. eines Rückstandes erhalten, der

0,628 Grm. oder 46,8 % Farbstoff und
0,392 » » 29,2 » feuerfeste Asche

enthielt. In dieser Asche konnten, ausser Alkalien, nur noch Spuren von Kalkerde, Chlor und Schwefelsäure nachgewiesen werden.

Die folgenden 8 Spiritusauszüge lieferten dieselben Erscheinungen. Als Rückstand ergaben sich 3,0 Grm., in welchen

50,5 % Farbstoff
33,2 » Asche

gefunden wurden. In dieser Asche konnten ausser Natron mit Spuren von Kali noch

6,0 % Kalkerde
1,7 » Schwefelsäure
2,4 » Chlor

bestimmt werden.

Der Farbstoff wiederum bestand aus

90,35 % organischer Substanz
9,65 » Asche;

letztere hatte folgende Zusammensetzung:

79,4 % Eisenoxyd
10,3 » Phosphorsäure
10,3 » Kieselsäure

Die folgenden 4 Auszüge gaben nach der Destillation und nach dem Abdampfen nur 0,70 Grm. Rückstand, der bis auf Spuren eines schwarzen fein krystallinischen Pulvers in Wasser vollständig löslich war.

Aus dieser Lösung wurden durch Fällung mit Essigsäure nur 0,35 Grm. Farbstoff erhalten.

Die Behandlung des Blutes mit Spiritus wurde jetzt als abgeschlossen angesehen; das

Unlösliche auf Leinen gegeben, ausgepresst und die so erhaltenen Lösungen den Auszügen hinzugegeben.

Darauf wurden die rückständigen Blutkörperchen 12 mal mit ammoniakalischem Spiritus ausgeschüttelt und die Auszüge weiter in oben angegebener Weise verarbeitet. Es wurde erhalten aus den

ersten 6 Auszügen	... 2,335	Grm.	kryst. Farbstoff
folgenden 3 »	... 0,495	»	»
letzten 3 »	... 0,580	»	»
	3,410	Grm.	

Hier ist noch zu erwähnen, dass die nach Ausscheidung des krystallinischen Farbstoffes rückständigen schwach tingirten Lösungen zur weiteren Bearbeitung den letzten Spiritusauszügen hinzugefügt wurden.

Nach Abschluss der Extraction des Blutes mit ammoniakalischem Spiritus wurde eine kleine Portion des Rückstandes erst an der Luft, dann bei 100° getrocknet und darauf auf den Aschengehalt hin untersucht. Es ergaben sich 0,38% einer nicht alkalisch reagirenden Asche, in der ausser Eisenoxyd nur Spuren von Phosphorsäure und Kalkerde nachzuweisen waren.

Von dem krystallinischen Farbstoff wurde schliesslich eine Aschenbestimmung ausgeführt, wobei 1,532 Grm. der bei 100° getrockneten Substanz 0,191 Grm. oder 12,46% Asche gaben, in der ausser Eisenoxyd nur minimale Spuren von Kali, Kalkerde, Phosphorsäure und Kieselsäure nachgewiesen werden konnten.

Stellen wir jetzt noch einmal in übersichtlicher Weise die gewonnenen Quantitäten der einzelnen Rückstände und Farbstoffe zusammen, so haben wir aus 1065 CC Blutkörperchen durch 24malige Behandlung mit Spiritus erhalten:

Rückstand	Farbstoff
8,40 Grm.	0,24 Grm.
2,49 »	1,05 »
1,34 »	0,63 »
3,00 »	1,50 »
0,70 »	0,35 »
15,93 Grm.	3,77 Grm.

und 3,410 Grm. krystallinischen Farbstoff.

Demnach aus 100 CC Blutkörperchenmasse

Wasserauszug	1,49 »
Farbstoff	0,35 »
krystallinischer Farbstoff	0,32 Grm.

oder aus 100 CC Pferdeblut

Wasserauszug	0,69 Grm.
Farbstoff	0,16 »
krystallinischer Farbstoff	0,14 »

Nehmen wir nach den Angaben von Preyer an, dass das Pferdeblut 0,048% Eisen oder 0,068% Eisenoxyd, und dass nach der oben aufgeführten Aschenbestimmung im krystallinischen Farbstoff 12,46% Eisenoxyd enthalten sind, so hätten wir nach der Berechnung 0,54% Blutfarbstoff gewinnen sollen, während der Versuch nur 0,30% ergab. Danach waren im rückständigen Blutgerinnsel noch 0,24% oder fast die Hälfte des Blutfarbstoffes zurückgeblieben. Dieses Resultat müssen wir gewiss als ein sehr ungünstiges bezeichnen, zumal wenn wir dabei berücksichtigen, dass sich die Bearbeitung dieser Quantität von Pferdeblut vom Monat September bis Ende December hin verzog.

Versuch mit Ochsenblut.

4000 CC Ochsenblut wurden mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt, umgeschüttelt und nach Verlauf einer Stunde auf 4 Flaschen *A*, *B*, *C*, *D* von je 15 Litres Inhalt vertheilt, so dass in jede Flasche 2 Litres Blutflüssigkeit kamen, die darauf mit 12 Litres Spiritus 80° Trl. gefüllt wurden. Der Inhalt der Flaschen wurde während 48 Stunden häufig umgeschüttelt, dann abstehen gelassen. Die klaren Spiritusauszüge von allen 4 Flaschen mit einem Heber abgezogen, filtrirt, destillirt und das Destillat wieder auf den Blutrückstand aufgegeben. In dieser Weise wurde der Inhalt einer jeden Flasche 4 mal mit Spiritus extrahirt und darauf zur Behandlung mit ammoniakalischem Spiritus übergegangen. In dieser Absicht wurde die Flasche *A* mit ammoniakalischem Spiritus aufgefüllt, umgeschüttelt und nach 24 Stunden die noch nicht ganz klare, aber überaus dunkel tingirte Lösung mit einem Heber in die Flasche *B* übergezogen. Die Flasche *B* umgeschüttelt und nach 24 Stunden die noch stärker tingirte Lösung in die Flasche *C* übergeführt und aus dieser wiederum nach 24 Stunden in die Flasche *D* gegeben und aus dieser nach vollständigem Abstehen in eine besondere Flasche übergezogen.

Inzwischen war schon der Rückstand in der Flasche *A* mit frischem ammoniakalischem Spiritus behandelt worden, so dass die successive Extraction des auf die 4 Flaschen vertheilten Blutes ohne Unterbrechung, gleichsam in fabrikmässiger Weise, durchgeführt werden konnte. So wurden 6 Auszüge aus jeder Flasche gemacht, die später filtrirt und je zwei zusammen weiter verarbeitet wurden.

Schliesslich wurden die mehr oder weniger stark bräunlich gefärbten Blutalbuminmassen auf grossen Leinenfiltern gesammelt und ausgepresst.

Wenngleich bei diesem Gange der Verarbeitung grösserer Blutmengen auch nicht der ganze Gehalt an krystallinischem Blutfarbstoff gewonnen wurde, so war es doch immer

möglich, grössere Quantitäten desselben darzustellen, so dass ich schliesslich über 200 Grm. des reinen krystallinischen Farbstoffes verfügen konnte, der beim Glühen im Platintiegel 12,6% Asche hinterliess, die aus Eisenoxyd mit minimalen Spuren von Phosphorsäure, Kieselsäure und Kalkerde bestand.

Versucht man die Bearbeitung des Blutgerinnsels in der Weise abzukürzen, dass man gleich nach der ersten Fällung mit Spiritus zur Anwendung des ammoniakalischen Spiritus übergeht, so erhält man dieselben Resultate, doch nur mit dem Unterschiede und der Unbequemlichkeit, dass der aus den Auszügen bei der späteren Destillation sich ausscheidende krystallinische Farbstoff mehr oder weniger stark durch die in Aether löslichen Substanzen verunreinigt zurückbleibt. Um diese Beimengungen zu entfernen, ist deshalb eine mehrfache Ausschüttelung des Farbstoffes mit Aether erforderlich, eine Operation, die viel Zeit in Anspruch nimmt und deswegen so viel als möglich umgangen werden muss.

Wenn es sich bei der Bearbeitung grosser Blutmengen nur um die Darstellung jener 3 genannten Auszüge handelt, so ist es am einfachsten und zugleich am vortheilhaftesten, zum Schluss aus den rückständigen Blut-Albuminmassen den ammoniakalischen Spiritus im Wasserbade abzudestilliren. Hierbei erleidet man den geringsten Verlust an Spiritus und gewinnt Zeit. Der Spiritus destillirt leicht über und in der Blase bleibt eine schwammige bräunliche Masse als Rückstand oder wenn man die Blutalbuminmasse mit Wasser aus den Flaschen nachspülen musste, eine ganz dunkelbraune, dicke Masse nach, die kein weiteres Interesse hat.

Gestützt auf die oben zusammengestellten quantitativen Blutanalysen, ebenso wie auf die so eben umständlicher auseinander gesetzten Thatsachen und Erscheinungen, die sich bei der Bearbeitung grösserer Mengen frischen Blutes herausstellten, folgere ich, dass aus den Blutkörperchen je nach den Lösungsmitteln drei verschiedene Gruppen von Verbindungen extrahirt werden können. Eine jede dieser Gruppe charakterisirt sich durch ihr bestimmtes Verhalten zu den Lösungsmitteln Aether, Wasser, Alkohol, durch den Gehalt an Farbstoff, der sich nicht allein durch seine Farbe, sondern auch durch die Einwirkung auf's Licht vor der Spalte des Spectralapparates erkennen lässt.

Betrachten wir jetzt die einzelnen Gruppen, so wäre zu ihrer näheren Charakteristik noch Folgendes hervorzuheben.

Erste Gruppe = Aetherrückstand.

Dieser Rückstand bildet bei gewöhnlicher Zimmertemperatur eine mehr oder weniger stark braun gefärbte feste Masse, hin und wieder deutlich krystallinisch, doch in den meisten Fällen nur seifenartig. Beim Erwärmen schmilzt die Masse, bei höherer Temperatur erfolgt Verbrennung unter Verbreitung eines starken Geruchs nach brennendem Fett und nach Acrolein. Schliesslich bleibt eine schwer oder richtiger unverbrennliche Kohle nach, aus der man durch Salpetersäure Spuren von Phosphorsäure ausziehen kann, bei völliger

Abwesenheit von Eisenoxyd. Dieser Rückstand ist schwer löslich in Alkohol, leicht löslich in Aether und diese Lösung zeigt bei hinreichender Concentration einen deutlichen Absorptionsstreifen im Roth, folglich enthält diese Lösung eine derartige Verbindung, die wir zu den Blutfarbstoffen zählen müssen. Die Abscheidung dieses Farbstoffes, ebenso wie dessen Eigenschaften, sind noch nicht näher untersucht worden.

Ausser diesem Farbstoff finden wir in dem Aetherrückstande noch Cholesterin, Lecithin, Cerebrin, Glyceride, somit dieselben Verbindungen, die wir oben als die Bestandtheile der Blutzellen bezeichneten, die sich durch ein überaus geringes Diffundirvermögen charakterisirten.

Zweite Gruppe = Wasserauszug.

Diese Auszüge bilden nach dem Abdampfen im Wasserbade eine dunkel gefärbte amorphe Masse, die überaus leicht löslich in Wasser und in Alkohol ist. In Aether dagegen schwer löslich und wenn man eine solche Lösung mit Wasser versetzt und schüttelt, so entfärbt sich der Aether vollständig und hinterlässt beim Abdampfen keinen Rückstand.

Die Lösungen in Wasser zeigen eine schwach alkalische Reaction, sind überaus stark tingirt und geben vor der Spalte des Spectralapparates einen überaus starken Absorptionsstreifen, der mit demjenigen übereinstimmt, den Preyer als das Spectrum des Sauerstoff-Hämatinalkali[1]) verzeichnet hat.

Die Auflösungen in Wasser werden bei gewöhnlicher Temperatur weder durch eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd, oder von Sublimat getrübt oder gefällt; beim Kochen erfolgt aber vollständige Fällung des Farbstoffes. Ferrocyankalium giebt keine Fällung. Auf Zusatz einer Säure, wie Essigsäure, Schwefelsäure, Salzsäure erfolgt in der Kälte, noch besser beim Kochen vollständige Ausscheidung des Farbstoffes in Form eines voluminösen dunkel gefärbten Niederschlages, der sich leicht ausscheidet und durch Abstehen und Decantiren ausgewaschen werden kann. Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit erscheint entweder schwach gelblich tingirt oder auch farblos.

Der durch Säuren gefällte Farbstoff bildet nach dem Auswaschen mit heissem Wasser und nach dem Austrocknen eine dunkle amorphe Masse, die in verdünnten Alkalien und deren Verbindungen mit Kohlensäure überaus leicht löslich ist. Bei diesen Auflösungen findet keine Abspaltung und Entwickelung von Ammoniak oder dem ähnliche Verbindungen statt. Erst wenn man solche Lösungen längere Zeit kocht, stellt sich eine schwache Ammoniak-Entwickelung ein.

Dieser Farbstoff ist überaus leicht löslich in Ammoniak und wird aus derartigen Lösungen, wie wir das schon oben gesehen haben, durch Abdampfen im Platintiegel unverändert, dem früheren Gewichte nach, wieder erhalten. Dieser Farbstoff giebt keine Hä-

1) Preyer, l. c. S. 235 und Tafel II, Spectrum 9, 10, 11.

minkrystalle. Beim Glühen im Platintiegel verkohlt er ohne Aufblähung und hinterlässt eine leicht verbrennliche Kohle, die eine durch Eisenoxyd roth gefärbte, mehr oder weniger stark alkalisch reagirende Asche giebt. Die chemische Analyse solcher Aschen haben wir schon oben aufgeführt und aus denselben ersehen, dass

100 Farbstoff gaben.....	8,95	9,65 Asche,

in welcher wiederum enthalten waren:

Eisenoxyd	55,0 %	79,3 %
Phosphorsäure...	20,0 »	10,3 »
Kieselsäure	19,4 »	10,3 »
	94,4 %	99,9 %

Bei der Verarbeitung eines anderen grösseren Blutquantums wurde ein Farbstoff erhalten, der, nach dem Trocknen bei 100°, 13,71 % einer alkalisch reagirenden Asche gab, in der bestimmt werden konnten:

Eisenoxyd	61,2 %
Phosphorsäure...	12,9 »
Kieselsäure	19,3 »
	93,4 %

Derartige Zusammensetzungen von Aschen aus dem amorphen Blutfarbstoff erscheinen auf den ersten Blick als überaus unwahrscheinlich, zumal in Bezug des beständigen Auftretens der Kieselsäure, die man als zufällige Verunreinigung und Beimengung aus den Glasgefässen herstammend annehmen möchte. Um hierüber eine möglichst sichere Gewissheit zu erhalten, wurden verschiedene specielle Versuche unternommen, die aber die früheren Resultate bestätigten, so dass die Kieselsäure, ebenso wie die Phosphorsäure, einen constanten Bestandtheil der Asche solcher Farbstoffe ausmacht.

Die Elementaranalyse dieser Farbstoffe ergab folgende Resultate:

Kohlenstoff...	62,56 %	62,53 %	55,76	54,68
Wasserstoff...	7,00 »	6,60 »	4,83	5,82
Asche.....	5,73 »	5,80 »	7,31	7,59

Alle diese Analysen zeigen in schlagendster Weise, dass man es hier mit keiner reinen Substanz, sondern mit Gemengen von verschiedenen Verbindungen zu thun hat, deren Trennung von einander bisher noch nicht wegen Mangel am nöthigen Material versucht werden konnte.

Fasse ich alle hier so eben mitgetheilten Thatsachen und Erscheinungen über diesen

Farbstoff zusammen, so muss ich ihn als schwache Säure ansehen, die im Blut entweder an Natron oder an einer organischen Base gebunden, enthalten ist. Darauf hin führe ich von jetzt diesen amorphen Farbstoff der zweiten Gruppe unter dem Namen Hämatinsäure in der Wissenschaft ein.

Dritte Gruppe = krystallinischer Farbstoff.

Diese Gruppe wird, wie wir schon oben gesehen haben, nur durch einen Farbstoff repräsentirt, der sich während der Destillation der ammoniakalischen Spiritusauszüge als fein krystallinisches, indigoblau gefärbtes Pulver absetzt. Die vollständige Unlöslichkeit desselben in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren, wie die Schwerlöslichkeit desselben in verdünntem Ammoniak, gewähren ein sicheres Mittel, diesen Farbstoff in reinem Zustande darzustellen. Doch über den Grad der Reinheit kann man sich nur durch eine Aschenbestimmung und eine weitere Untersuchung desselben überzeugen. Es stellte sich dabei heraus, dass in vielen Fällen die ersten zwei ammoniakalischen Spiritusauszüge keinen reinen krystallinischen Blutfarbstoff lieferten. Als Beleg dafür lasse ich die Resultate zweier Aschenanalysen folgen.

Analyse I. 1,396 Grm. des bei 100° getrockneten Farbstoffes gaben nach dem Glühen 0,102 oder 7,30% Asche, die stark roth gefärbt war.

Analyse II. 1,385 Grm. Farbstoff nach dem Trocknen bei 100° gaben 0,1481 Grm. oder 10,7% einer rothen, schwach alkalisch reagirenden Asche.

Die chemische Analyse dieser Aschen führte zu folgender % Zusammensetzung:

	I.	II.
Eisenoxyd	84,80 %	93,38
Kalkerde	0,19 »	—
Magnesia	0,39 »	—
Kali	8,82 »	Spur
Natron		2,37
Kupferoxyd	0,09 »	Spur
Phosphorsäure	5,49 »	1,22
Kieselsäure	Spur	1,68
	99,78 %	98,65

Der folgende Spiritusauszug gab einen Farbstoff mit 12,64% Asche, in der gefunden wurden:

Eisenoxyd	96,12 %
Phosphorsäure	1,22 »
Kali	1,90 »
Natron	
Kupferoxyd	0,13 »
	99,37 %

Die weiteren Auszüge lieferten darauf einen krystallinischen Farbstoff mit 12,46% Asche, in der man ausser Eisenoxyd nur minimale Spuren von Kieselsäure, Phosphorsäure, Kalkerde und Kali nachweisen konnte.

Eine derartige Reihenfolge und ein derartiger Uebergang in der Zusammensetzung der Asche des Farbstoffes ist aber durchaus nicht maassgebend und beständig. Es kommt nämlich häufig vor, dass schon der erste oder zweite ammoniakalische Spiritusauszug einen durchaus reinen Farbstoff giebt. Von welchen Umständen dieses abhängt, muss ich dahingestellt sein lassen, doch auf einige Erfahrungen hin will es mir scheinen, dass die Ernährung des Thieres, von dem man das Blut zur Verarbeitung entnommen hatte, dafür entscheidend sei. Je besser die Ernährung eines Thieres, um desto normaler die Zusammensetzung des Blutes und somit auch die des Farbstoffes.

Dieser Farbstoff löst sich, wie schon gesagt, schwer in verdünntem Ammoniak auf, wobei sich die Lösung schwach grünlich tingirt. In diesem Verhalten besitzen wir das einfachste Mittel, um den krystallinischen Farbstoff nach der Ausschüttelung mit Aether auf einen Gehalt an Hämatinsäure zu prüfen. In starkem Ammoniak ist der Farbstoff vollständig löslich, ebenso wie in Lösungen von Kali und Natron, wobei weder in der Kälte, noch beim Kochen eine Entwickelung von Ammoniak constatirt werden konnte. In alkoholischen Lösungen der Alkalien, ebenso wie in ammoniakalischem Spiritus, ist der Farbstoff leicht löslich und alle derartige Lösungen zeigen vor der Spalte des Spectralapparates das Spectrum des Sauerstoff-Hämatinalkali nach Preyer.

Aus den alkalischen Lösungen lässt sich der Farbstoff durch Säuren vollständig, aber in einem amorphen Zustande fällen, auf einem Filter sammeln, mit heissem Wasser auswaschen und schliesslich bei 100° trocknen. Führt man diesen Versuch quantitativ aus, so beträgt das Gewicht des amorphen Farbstoffes ebensoviel, als das des zum Versuch genommenen krystallinischen. In beiden Formen liefert dieser Farbstoff die ausgezeichnetsten Häminkrystalle.

Zur organischen Elementaranalyse[1]) dieses Farbstoffes wurden Präparate von verschiedenen Blutarten benutzt und dabei folgende Zahlen erhalten:

	C.	H.	N.	Fe.
	65,43	4,82	—	8,48
	65,14	4,25	—	8,68
	—	—	8,90	—
	—	4,71	—	—
	—	4,85	—	—
	65,81	5,00	—	8,98
	65,64	4,89	8,98	8,71
Mittel...	65,50	4,75	8,94	8,71

1) Die Ausführung der organischen Elementaranalysen verdanke ich meinen früheren Gehülfen Frd. Otten und A. Stackmann, Magistern der Pharmacie, wofür ich ihnen hiermit meinen besten Dank öffentlich ausspreche.

Mit Hülfe dieser Zahlen berechnet sich für den krystallinischen Farbstoff folgende empirische Formel:

$$C_{70}H_{64}N_8Fe_2O_{10}$$

oder

		berechnet	gefunden
C_{70}	840	65,21	65,50
H_{64}	64	4,96	4,75
N_8	112	8,69	8,94
Fe_2	112	8,69	8,71
O_{10}	160	12,45	12,10
	1288	100,00	100,00

Schlagen wir in der Literatur nach, so finden wir, dass die von mir hier aufgeführte Zusammensetzung des krystallinischen Farbstoffes sich in auffallender Weise den Resultaten nähert, die Hoppe-Seyler für die Zusammensetzung des Hämatin aufführt. Nach Hoppe-Seyler [1]) ist nämlich die empirische Formel des Hämatin:

$$C_{68}H_{70}N_8Fe_2O_{10}$$

oder

		berechnet	gefunden
C_{68}	816	64,25	64,30
H_{70}	70	5,51	5,50
N_8	112	8,82	9,06
Fe_2	112	8,82	8,82
O_{10}	160	12,00	12,32
	1270	100,00	100,00

Nach diesen Resultaten müsste man es als unentschieden hingestellt sein lassen, welcher empirischen Formel man den Vorzug geben sollte. Hierüber können wir nur durch ein eingehenderes Studium der Zersetzungsproducte dieses Farbstoffes eine Entscheidung erwarten. Doch trotzdem, nach Allem, was ich oben über die Eigenschaften der verschiedenen Blutfarbstoffe, ebenso wie über ihre Trennung von einander gesagt habe und was Hoppe-Seyler über die Darstellung des von ihm analysirten Hämatins mittheilt, muss ich schliessen, dass Hoppe-Seyler keinen reinen Farbstoff zu seinen Elementaranalysen verwenden konnte, sondern einen Farbstoff, der mehr oder weniger durch Hämatinsäure oder durch andere Zersetzungsproducte des Farbstoffes verunreinigt war, und dadurch erklärt sich der Unterschied im Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff.

Gestützt auf das Verhalten dieses Farbstoffes zu den Alkalien und Ammoniak, ebenso

1) Hoppe-Seyler, Med.-chem. Untersuchungen, 1871, Heft IV, S. 525.

wie auf die Thatsache, dass er aus seinen Lösungen durch Säuren, selbst in Siedehitze, vollständig und unverändert abgeschieden werden kann, bezeichne ich diesen Farbstoff als eine Säure und zwar unter dem Namen Häminsäure.

Die Ansicht, dass die in den Gruppen I und II enthaltenen Farbstoffe als bestimmte schwache organische Säuren — Hämatinsäure und Häminsäure — aufzufassen sind, findet noch eine gewichtige Unterstützung oder richtiger eine Bestätigung in den Substitutionsproducten, die diese Säuren bei geeigneter Behandlung mit Chlor, Brom, Jod und salpetriger Säure liefern.

Diese neuen und überaus interessanten Substitutionsproducte der Blutfarbstoffe sind schon nach verschiedenen Richtungen hin eingehender von mir untersucht worden, so dass ich in nächster Zeit meine Erfahrungen über dieselben zusammenzustellen und zu veröffentlichen gedenke.

Um aber einem Jeden die Möglichkeit zu gewähren, sich von diesen neuen Erscheinungen überzeugen zu können, halte ich es für geboten, schon hier folgenden einfachen Versuch vorzuschlagen.

Behandelt man eine kleine Probe von Häminsäure (oder auch von Hämatin nach Hoppe-Seyler) in einem Stöpselglase mit frischem starken Chlorwasser im Ueberschuss und schüttelt den Inhalt um, so bemerkt man, dass nach einigen Augenblicken die dunkel indigoblauen kleinen Häminsäure-Krystalle eine hellere Färbung annehmen und sich später vollständig entfärben. Die Farbe der Krystalle geht in eine grau gelbe oder auch rein gelbe über und ist diese eingetreten, so kann man die Einwirkung des Chlors als abgeschlossen ansehen.

Die neu gebildete Verbindung setzt sich nach und nach im Glase vollständig ab, so dass man nach einiger Zeit der Ruhe die überstehende, gelblich gefärbte, stark chlorhaltige Flüssigkeit abgiessen kann. Den Rückstand kann man mit Wasser auswaschen, an der Luft trocknen, und dann stellt das neue Substitutionsproduct der Häminsäure ein gelbliches Pulver dar, das, unter dem Microskope betrachtet, die früheren Krystalle der Häminsäure nur mit heller Farbe erscheinen lässt.

Bei höherer Temperatur schwärzen sich die Krystalle, schmelzen unter Aufblähung und unter Entwickelung von Chlor und chloriger Säure; später erfolgt vollständige Verkohlung und schliesslich als Rückstand Eisenoxyd.

Die von diesen Krystallen abgegossene chlorhaltige Flüssigkeit giebt nach dem Abdampfen im Wasserbade einen gelblich gefärbten Rückstand, der bei höherer Temperatur verkohlt unter Verbreitung eines eigenthümlichen aromatischen Geruchs und schliesslich einen braunen, aus Eisenoxyd und Eisenchlorid bestehenden, Rückstand hinterlässt.

II. Wie ist die Zusammensetzung der Blutkrystalle?

Nach Preyer ist die empirische Formel der Blutkrystalle

$$C_{600}H_{960}N_{154}Fe_4S_3O_{179},$$

nach Hüfner: $C_{636}H_{1025}N_{164}Fe_1S_3O_{189}$.

Da wir nun aus den durch Alkohol in einen unlöslichen Zustand übergeführten Blutkrystallen durch eine geeignete Behandlung mit ammoniakalischem Spiritus oder mit Eisessigsäure, Schwefelsäure, oder mit Chlor den ganzen Gehalt an Farbstoff, ohne Veränderung der Form der Krystalle, ausziehen können, so folgerte ich daraus, dass die Blut- oder Oxyhämoglobinkrystalle als Krystalle eines Blutalbumins — Globulinkrystalle — angesehen werden müssen, die nur mechanisch durch kleine, aber bestimmte Quantitäten von Hämatin- und Häminsäure gefärbt sind. Ferner, da die entfärbten Blutkrystalle nach dem Glühen und vollständigen Verbrennen nur Spuren einer eisenfreien Asche hinterlassen, so folgere ich aus dieser Thatsache, dass der Eisengehalt der Blutkrystalle nicht zur Constitution der Krystalle gehört, sondern nur auf die Beimischungen an Blutfarbstoffe zurückzuführen sei. Unter dieser Annahme giebt dann der Eisengehalt der Blutkrystalle einen sicheren Ausgangspunkt zur Berechnung der Quantitäten an Blutfarbstoffen, die in den Blutkrystallen nur mechanisch eingeschlossen sind. Da aber in den Blutkrystallen Hämatinsäure wie Häminsäure enthalten sein können und wir für den Nachweis, wie für die quantitative Bestimmung derselben in kleinen Quantitäten keine bestimmte Methode aufweisen können, so lässt sich eine Berechnung des Gehaltes an Farbstoff in den Blutkrystallen nur unter der Voraussetzung ausführen, dass in den Krystallen nur Häminsäure enthalten sei. Bei dieser Annahme begehen wir auch keinen grossen Fehler, in Erwägung der kleinen Quantitäten an Farbstoff überhaupt, die in den Krystallen enthalten sind, und in Erwägung der Aehnlichkeit der chemischen Zusammensetzung beider Säuren.

Nehmen wir den Eisengehalt der Blutkrystalle $= 0{,}42\%$ und den der Häminsäure $= 8{,}71\%$, so ergiebt sich durch eine einfache Berechnung, dass die Blutkrystalle aus

95,18 % Globulinkrystalle
4,82 » Häminsäure

bestehen müssen.

Da die Berechnung der oben aufgeführten empirischen Formeln der Blutkrystalle und ebenso wie die der Häminsäure ihren Ausgangspunkt in dem Gehalt an Eisen fand, und beide auf ein Molekül Eisen berechnet sind, so können wir von den empirischen Formeln der Blutkrystalle die empiriche Formel der Häminsäure einfach abziehen und müssen als Rest die theoretisch abgeleitete empirische Formel der Globulinkrystalle erhalten. Führen wir dieses aus, so haben wir nach Preyer:

$$\begin{array}{rl} & C_{600}\ H_{960}\ N_{154}\ Fe\ S_3\ O_{179} \\ -\ & C_{35}\ H_{32}\ N_4\ Fe\ -\ O_5 \\ \hline & C_{565}\ H_{928}\ N_{150}\ \ S_3\ O_{174} \\ \text{oder} & C_{188}\ H_{309}\ N_{50}\ \ S\ O_{58}. \end{array}$$

Nach Hüfner:

$$C_{636}\ H_{1025}\ N_{164}\ Fe\ S_3\ O_{189}$$
$$-\ C_{35}\ H_{32}\ N_4\ Fe\ -\ O_5$$
$$C_{601}\ H_{993}\ N_{160}\ -\ S_3\ O_{184}$$
$$\text{oder } C_{200}\ H_{331}\ N_{53}\ -\ S\ O_{62}.$$

Berechnen wir nach diesen beiden Formeln die %-Zusammensetzung der Globulinkrystalle, so haben wir:

	nach Preyer			nach Hüfner	
C_{188}	2256	53,39 %	C_{200}	2400	53,38 %
H_{309}	309	7,31 »	H_{331}	331	7,33 »
N_{50}	700	16,57 »	N_{53}	742	16,52 »
S	32	0,76 »	S	32	0,71 »
O_{58}	928	21,97 »	O_{62}	992	22,06 »
	4225	100,00		4497	100,00

Nach dieser Zusammenstellung bleibt es durchaus unbestimmt, welcher empirischen Formel der Globulinkrystalle wir den Vorzug geben sollen. Darüber können nur fernere Untersuchungen entscheiden.

Ueberaus interessant und eine grosse Bestätigung meiner Ansicht finde ich aber darin, dass diese Zahlen der %-Zusammensetzung der Globulinkrystalle in auffallender Weise übereinstimmen mit den Grenzwerthen, die für die Zusammensetzung der Eiweissstoffe im Allgemeinen angenommen und aufgeführt werden. So enthalten nach Gorup-Beranez[1]) die Eiweissstoffe:

Kohlenstoff...	52,7	bis	54,5 %
Wasserstoff...	6,9	»	7,3 »
Stickstoff	15,4	»	16,5 »
Schwefel	0,8	»	2,0 »
Sauerstoff....	20,9	»	23,5 »

Gorup-Beranez versuchte nicht aus diesen Grenzwerthen für die Zusammensetzung der Eiweissstoffe eine empirische Formel abzuleiten und hierin kann ich ihm nur beistimmen. Als Chemiker nämlich muss ich mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen, dass alle diese Zahlen sich mehr oder weniger auf Gemenge verschiedener Eiweissstoffe beziehen. Hierfür sprechen in Sonderheit die gefundenen Schwankungen im Schwefelgehalt, welche zur Vermuthung Anlass geben, dass der Schwefel nur einer besonderen Verbindung angehört, die wir bisher noch nicht abscheiden und getrennt untersuchen konnten.

1) Gorup-Beranez l. c. S. 113.

Da nach meiner Auffassung in den Blutkörperchen und ebenso in allen Blutlösungen die Blutfarbstoffe als Säuren in Form von Salzen enthalten sind und in gar keiner chemischen Beziehung zu den Globulinsubstanzen stehen, so muss ich daraus folgern, dass alle Spectralerscheinungen, die wir an Blutlösungen kennen, ausschliesslich den Blutfarbstoffen, d. h. der Hämatinsäure und Häminsäure angehören. Die Blutfarbstoffe, wie sie im frischen Blut zusammen vorkommen, zeigen bei hinreichender Verdünnung das bekannte Spectrum des Oxyhämoglobulins mit den beiden charakteristischen Absorptionsstreifen α und β, das mir bis jetzt aus künstlichen Lösungen von Hämatinsäure und Häminsäure zu regeneriren noch nicht gelungen ist. Alle anderen Spectra von Blutlösungen, die unter den verschiedenen Namen, wie Spectrum des Hämoglobins, Methämoglobins, Hämochromogens, von Hoppe-Seyler in der Wissenschaft eingeführt und eingebürgert sind, sehe ich als Spectra verschiedener, aber bestimmter freiwilliger oder künstlicher Oxydations-, Reductions- oder Zersetzungsproducte der Hämatinsäure und Häminsäure an.

Daraufhin kann ich dem Ausspruch von Hoppe-Seyler[1]), «Hämochromogen entsteht aus Hämoglobin, als einfaches Spaltungsproduct, Hämatin dagegen aus Hämoglobin oder Hämochromogen nur durch Oxydation. Dies sind unbestreitbare Thatsachen», durchaus nicht beistimmen.

Ein Gleiches gilt in Bezug der Mittheilung von G. Hüfner und J. Otto über krystallinisches Methämoglobin[2]), das man durch Ueberführung concentrirter Lösungen von Oxyhämoglobin durch kleine Mengen rothen Blutlaugensalzes und durch Zusatz von Alkohol unter Anwendung von Kälte innerhalb eines oder mehrerer Tage in reichlicher Menge erhalten kann.

In diesem Versuch finde ich einen schlagenden Beweis für meine Ansicht, indem nämlich durch den Zusatz der kleinen Menge von rothem Blutlaugensalz zur Blutlösung nur direct auf den Blutfarbstoff eingewirkt wird, der dadurch nur in Bezug seiner Einwirkung auf's Licht eine Aenderung erleidet, während sein Löslichkeitsverhältniss in Wasser und Alkohol durchaus dasselbe bleibt. In Folge dessen scheiden sich aus solchen Lösungen nach Zusatz von Alkohol in der Kälte Globulinkrystalle aus, die von derselben Quantität Blutfarbstoff mechanisch gefärbt sein müssen, wie die sogenannten Oxyhämoglobinkrystalle. Aus diesem Grunde war es eine nothwendige Folge, dass die Elementaranalyse solcher Krystalle zu Resultaten führen musste, die mit denjenigen der Oxyhämoglobinkrystalle vollständig übereinstimmen und dass die photometrischen Constanten A_m und A'_m zu denjenigen A_0 und A'_0 des Oxyhämoglobins entschiedene Unterschiede zeigen mussten.

Schliesslich muss ich noch auf die ausgezeichneten experimentellen Untersuchungen von Hüfner, Norden und Marshall über die Quantität von Sauerstoff und Kohlenoxyd,

---

1) Hoppe-Seyler, Phys. Chemie. 1879. S. 393.
2) Zeitschrift für phys. Chemie. 1883. VII, 65.

die von 1 Gramm Hämoglobin locker gebunden werden kann, zurückkommen. In den Resultaten dieser Versuche finde ich durchaus keinen Widerspruch meiner Ansicht gegenüber, nur müssen wir dieselben in anderer Weise interpretiren.

Wenn, wie ich oben gezeigt habe, die Hämoglobinkrystalle aus:

95,18 % Globulinkrystalle
4,82 » Häminsäure

bestehen, so beziehen sich die gefundenen Quantitäten von 1,202 Ccm. = 0,00172 Grm. Sauerstoff und von 1,205 Ccm. = 0,00151 Grm. Kohlenoxyd nicht auf 1 Grm. Hämoglobin, sonden auf 0,0482 Grm Häminsäure.

Oder 1 Gramm Häminsäure in natürlicher Auflösung im Blut vermag 0,0357 Grm. Sauerstoff oder 0,0313 Grm. Kohlenoxyd locker zu binden.

Eine derartige Erklärung halte ich, nachdem in der Chemie auf einem anderen Wege die Moleculargewichtszahl der Häminsäure und die der Globulinkrystalle festzustellen versucht worden war, durchaus ungezwungen, und durch dieselbe verlieren jene Versuche durchaus nichts von ihrer grossen physiologischen Bedeutung für die Lehre des respiratorischen Gasaustausches.

Die im Obigen niedergelegte Ansicht über die Zusammensetzung des Blutes und der Blutkrystalle ist das Resultat einer jahrelangen Arbeit, die mit kleinen Mitteln, schwachen Kräften und unter äusseren ungünstigen Verhältnissen durch die abgeschiedene Lage in Asien ausgeführt wurde. Diese Umstände spiegeln sich auch mehr oder weniger in der ganzen Arbeit ab und geben ihr den Anschein einer nicht vollständig abgerundeten und abgeschlossenen. Diesen Vorwurf, den man mir machen könnte, erkennt niemand mehr als ich selbst und zur Entschuldigung kann ich nur darauf hinweisen, dass im Verhältniss als ich in meinen Blutstudien weiter schritt und das zu verarbeitende wissenschaftliche Material sich immer erweiterte, ich trotzdem noch immer mehr in's Weite schreiten musste, um später aus dem mehr Allgemeinen in's Einzelne zurück und übergehen zu können. Hierin lag der Grund und die Veranlassung zu meinen Milchstudien, auf deren Bedeutung und nahen Beziehung zur vorliegenden Arbeit ich an verschiedenen Stellen hingewiesen habe.

Als Folge dieser Arbeiten trat mir mit der Zeit eine so grosse Menge verschiedenartiger Erscheinungen und neuer Thatsachen entgegen, dass zur Verarbeitung derselben die Kräfte eines Einzelnen durchaus nicht mehr ausreichen. In dieser Ueberzeugung lag mit eine Hauptveranlassung, die Zusammenstellung und Veröffentlichung meiner Blutstudien selbst in dieser unvollendeten Form nicht mehr zu verschieben, damit sich bald jüngere Kräfte unter günstigeren äusseren Verhältnissen an einer Fortsetzung dieser Arbeit betheiligen können.

Es giebt noch viel der Arbeit gerade auf diesem Gebiete der chemischen, wie physiologisch-chemischen Untersuchungen und deswegen halte ich es für eine grosse Ueberhebung,

wenn man die Frage über die Zusammensetzung des Blutes als eine abgeschlossene hält, wie sich mir gegenüber einer unserer ersten physiologischen Chemiker vor 10 Jahren aussprach. Wie weit wir vom Abschluss sind, glaube ich gerade durch diese meine Blutstudien zu zeigen und meiner Ansicht nach ist es eine wichtige Aufgabe der Chemie, ihren Schwesterwissenschaften — der physiologischen Chemie und der Physiologie — noch mehr und bestimmtere Facta über die Blutfarbstoffe und über das Blut im Allgemeinen darzubringen, damit diese dann ihre Aufgaben mit grösserer Sicherheit verfolgen können.

Dass man das von der Chemie erwartet, dafür weise ich auf die Worte von Virchow[1]) hin: «Gewöhnlich bezeichnet man in der Kürze den Inhalt der farbigen Blutkörperchen «als Hämatin, Blutfarbstoff. Allein unzweifelhaft ist er viel mehr zusammengesetzt und das «was man Hämatin nennt bildet eben nur einen Theil davon; einen wie grossen Theil lässt «sich bis jetzt noch gar nicht ermitteln. Was sonst noch innerhalb der Blutkörperchen «enthalten ist, das gehört ganz der chemischen Untersuchung an.»

In diesem Sinn unternahm ich die chemische Untersuchung des Blutes und speciell der Blutkörperchen, deren erste Resultate ich hiermit der unparteischen Beurtheilung vorlege.

---

1) Virchow. Die Cellularpathologie, 3te Auflage, Berlin 1862, S. 134.

Tiflis, $\frac{26.\ \text{März}}{7.\ \text{April}}$ 1884.

Ouvrages physiques et chimiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences.

T. VI, № 1. **Lenz, E.** Betrachtungen über Ventilation in unseren Klimaten. 1863. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XV, № 7. **Boutlerow, M.** Sur la structure chimique de quelques hydrocarbures non-saturés. 1870. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVII, № 5. **Jacobi, M.** Untersuchungen über die Construction identischer Aräometer und ins besondere metallischer Scalen- und Gewichts-Alcoholometer, nebst Anhang über den Einfluss der Capillaritäts-Erscheinungen auf die Angaben der Alcoholometer. 1871. (Mit 2 Kupfertafeln.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Boutlerow, M.** Sur l'oxydation du triméthylcarbinol et des alcools tertiaires en général. 1871. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XVIII, № 8. **Wild, H.** Études métrologiques. 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXI, № 7. **Boutlerow, M.** Sur les propriétés de l'acide triméthylacétique et sur ses dérivés. 1874. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXII, № 6. **Setschenow, J.** Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Salzlösungen. 1875. Pr. 50 K. = 1 Mk 70 Pf.

T. XXIII, № 4. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 2. Sur l'isodibutylène, l'une des variétés isomériques de l'octylène. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 8. **Wild, H.** Metrologische Studien. 1877. (Avec 4 pl.) Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XXIV, № 6. **Wischnegradsky, A.** Ueber verschiedene Amylene und Amylalkohole. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXV, № 5. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. (Avec 2 pl.) 1877. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXVI, № 3. **Lenz, R.** Ueber den galvanischen Widerstand verdünnter Lösungen von Verbindungen des Kalium, Natrium, Ammonium und des Wasserstoffs. 1878. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 4. **Hasselberg, B.** Studien auf dem Gebiete der Absorptionsspectralanalyse. 1878. (Avec 4 pl.) Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

№ 8. **Wild, H.** Ueber die Bestimmung der absoluten Inclination mit dem Inductions-Inclinatorium. 1878. (Avec 3 pl.) Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Menschutkin, N.** Recherches sur l'influence exercée par l'isomérie des alcools et des acides sur la formation des éthers composés. Deuxième mémoire. 1879. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 14. **Chwolson, O.** Ueber die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden. 1879. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXVII, № 1. **Hasselberg, B.** Ueber das durch electrische Erregung erzeugte Leuchten der Gase bei niedriger Temperatur. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 3. **Boutlerow, M.** Condensation des hydrocarbures de la série éthylénique. 3. Sur l'isotributylène. 1879. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXVIII, № 3. **Chwolson, O.** Allgemeine Theorie der magnetischen Dämpfer. 1880. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXX, № 2. **Beketoff, N.** Recherches sur la formation et les propriétés de l'oxyde de sodium anhydre. 1882. Pr. 15 K. = 50 Pf.

№ 9. **Lenz, R.** Ueber das galvanische Leitungsvermögen alcoholischer Lösungen. 1882. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XXXI, № 10. **Chwolson, O.** Ueber die Wechselwirkung zweier Magnete mit Berücksichtigung ihrer Querdimensionen. 1883. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 12. **Wild, H.** Die Beobachtung der electrischen Ströme der Erde in kürzern Linien. 1883. (Mit einer Tafel.) Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XXXII, № 2. **Wild, H.** Bestimmung des Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit in absolutem electromagnetischen Maasse. 1884. (Mit 5 Taf.) Pr. 1 R. 40 K. = 4 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Juillet, 1884. C. Vesselofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr. 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 8.

NEUAUFGEFUNDENE
HEBRÄISCHE BIBELHANDSCHRIFTEN.

BERICHT AN DIE KAISERLICHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU ST. PETERSBURG.

VON

Dr. A. Harkavy.

Mit 5 Lichtdruck-Tafeln.

(*Lu le 17 avril 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 10 Kop. = 3 Mark. 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 8.

NEUAUFGEFUNDENE
HEBRÄISCHE BIBELHANDSCHRIFTEN.

BERICHT AN DIE KAISERLICHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU ST. PETERSBURG.

VON

Dr. A. Harkavy.

Mit 5 Lichtdruck-Tafeln.

(*Lu le 17 avril 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 10 Kop. = 3 Mark. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juillet 1884. C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

VORWORT.

Der vorliegende Bericht hat zum Zweck, eine wissenschaftlich motivirte Frage über die Echtheit von biblischen Handschriften den Männern der Wissenschaft zur Beantwortung vorzulegen. Der Fragesteller hat nicht unterlassen, alle Gründe, die seiner Ansicht nach für und gegen die Echtheit der neuaufgefundenen Handschriften sprechen, genau anzugeben und zugleich seine persönliche Meinung auszusprechen, so dass die Fachmänner, die das Richteramt in dieser Frage ausüben werden, alle Daten bei der Hand haben.

Ich war bestrebt, in meinem Berichte ganz objectiv zu sein und möglichst behutsam zu verfahren, und bin ich mir bewusst, die Gründe, welche zu Gunsten der Echtheit sprechen, einfach auseinandergesetzt und nichts gegen diese Echtheit Sprechendes verschwiegen zu haben. Im Gegentheile habe ich oft auch da mich behutsam ausgedrückt, wo nach meinem subjectiven Ermessen entschiedener gesprochen werden könnte. Aus dem ganzen Gange der Untersuchung wird der Leser hoffentlich ersehen, dass er in diesem Berichte nicht die Vertheidigungsrede eines Advocaten, der manchmal zum advocatus diaboli wird, sondern die unpartheiische Untersuchung eines Unbefangenen vor sich hat, dem kritisch begründete Zweifel höchst willkommen sein werden und der dieselben im Interesse der Wissenschaft und zu seiner eigenen Belehrung geradezu hervorrufen möchte.

Die Verzögerung des Erscheinens dieses Berichtes, der schon im April — Mai angekündigt war, wurde durch die Anfertigung der Tafeln verursacht. Leider sind Taf. IV—V, trotz der von dem Photographen angewandten Mühe, ziemlich undeutlich herausgekommen. Indessen werden auch dieselben für diejenigen, welche mit besserer Sehkraft als ich versehen sind, nicht ganz ohne Nutzen sein. Auch kann man durch sie jedenfalls einen Begriff von den Schwierigkeiten, mit denen die Lesung mancher Fragmente verbunden ist, bekommen.

Ich will auch noch bemerken, dass der Ausdruck Bibelhandschriften in diesem Berichte im Sinne von biblischen Handschriften gebraucht worden ist.

A. H.

NEUAUFGEFUNDENE HEBRÄISCHE BIBELHANDSCHRIFTEN.

I.

Auffindung der Handschriften.

Auf meiner Reise nach Tiflis machte ich im August-September 1881 im südlichen Russland die Bekanntschaft eines jüdischen Gemeindebeamten. Von demselben (wir wollen ihn X nennen), [1] erhielt ich im Sept. 1883, einige Fragmente von Pergamentrollen mit unbekannter Schrift zugesandt, nebst einem Schreiben, wo es hiess, dass die Fragmente zweien seiner Mitbürger angehören (wir nennen sie Y. und Z.), und dass einer der letztern bereits ein anderes Fragment an den Herausgeber einer hiesigen jüdischen Zeitschrift geschickt habe; nun aber seien sie gewillt, die Untersuchung aller dieser Fragmente und ebenso derer, welcher sie noch habhaft zu werden hofften, ausschliesslich mir zu überlassen, damit ich den wissenschaftlichen und materiellen Werth derselben bestimme. In Folge dessen erhielt auch der genannte Herausgeber von ihnen die Weisung, dass von Z. ihm mitgetheilte Fragment mir zuzustellen. Letzteres konnte erst nach mehreren Wochen geschehen, weil jener Herausgeber das Fragment einem Bekannten gegeben hatte, der nach dem Auslande gereist war, wo er längere Zeit verweilte. Uebrigens konnte ich auch damals noch keine genauen Untersuchungen anstellen, weil die bei mir befindlichen Pergamentfelle (ich bediene mich dieses Ausdrucks, obgleich ein grosser Theil der Fragmente möglicher Weise auf Leder geschrieben

1) Aus verschiedenen Rücksichten darf ich vorläufig keine Namen nennen; auch dürften dieselben für das Ausland von keinem besonderen Interesse sein. Uebrigens sind die Namen ebenso wie der Wohnort der Besitzer einigen Mitgliedern der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften und mehreren anderen Personen hier bekannt.

ist), vier an der Zahl, entweder ganz unlesbar waren, oder weil die Lesung derselben mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, da meistentheils die Schriftszeichen, von denen viele ganz unbekannt waren, bloss in blassen, schwachen Zügen vorhanden waren; anderseits verhinderte mich ein längeres Augenübel, die sonderbaren Fragmente anhaltend zu mustern. Endlich kam mir die Sache noch sehr räthselhaft vor: die unbekannten Schriftzüge, das ziemlich frische Aussehen des Pergaments der meist unlesbaren Fragmente, die, wie es mir damals vorkam, absichtlich rauh gemachte Schriftseite, die ungewöhnliche Dinte, ganz besonders aber der Bericht über die Entdeckung der Handschriften, den ich unten genau wiedergebe—kurz, Alles war dazu angethan, meinen Argwohn wachzuhalten. Ueberdies befand ich mich damals noch ganz unter dem Eindrucke, den die verschiedenen Zeitungsberichte über das berüchtigte «moabitische Deuteronomium» gleich Anfangs auf jeden besonnenen Forscher machten. Meine nach Südrussland geschickten Antworten waren daher skeptischer Art: dass nämlich die ganze Sache mir verdächtig vorkomme, und dass hier äusserste Vorsicht geboten sei. Allmählich fing aber die Sache an sich ernster zu gestalten. Das unterdessen aus dem Auslande zurückgebrachte und mir eingehändigte Fragment (die zweite Hälfte der Klagelieder Jeremiah's, vgl. Tafel IV^{b}) war viel deutlicher und leichter zu lesen; die im December 1883 und Januar 1884 mir nach und nach zugeschickten Fragmente waren von verschiedenen Händen geschrieben, von verschiedener Beschaffenheit und ungleichmässig erhalten (darunter auch das in Bezug auf die Schriftzeichen sehr gut erhaltene und deutlich lesbare Buch Maleachi, vgl. Tafel II), so dass der Gedanke an eine neue Fabrication ganz unwahrscheinlich vorkommen musste. Theils um hellere Tage abzuwarten, theils um andere angefangene Arbeiten, die keinen Aufschub duldeten, zu einem gewissen Abschlusse zu bringen, ging ich erst in der zweiten Hälfte des März an die genaue Untersuchung der mir anvertrauten Handschriften. Ich zögerte auch absichtlich in der Hoffnung, dass inzwischen auf irgend eine Weise mehr Licht über diese ganze Angelegenheit sich verbreiten könnte, und ich nicht gezwungen sein würde, so manchen Umstand unerklärt und dunkel zu lassen, den man gern aufgeklärt gesehen hätte, wie dieses weiter unten aus einander gesetzt werden wird. Zu diesem Behufe correspondirte ich fleissig mit X. (der im Auftrage von Y. und Z. mit mir unterhandelte und jetzt ebenfalls Mitbesitzer der Handschriften ist) und veranlasste ihn, alle Umstände der Auffindung genau zu erfahren und ausfindig zu machen. In Folge dessen bin ich jetzt im Besitze aller Nachrichten, die vorläufig in Südrussland aufzutreiben möglich varen. Wenn trotzdem noch so manche Lücke in der Geschichte der Handschriften vorhanden ist, und Mehreres übrig bleibt, worüber man besser unterrichtet sein möchte, so ist dieses jedenfalls nicht meine Schuld. Ich hoffe übrigens, dass durch den vorliegenden Bericht die Aufmerksamkeit Anderer auf diese Angelegenheit gelenkt werden wird und dass weitere Untersuchungen zu einem befriedigenden Resultate führen werden.

Ich gebe nun nach den von X an mich gerichteten Briefen den Bericht der jetzigen Besitzer der Handschriften genau wieder, wobei ich auch die geringfügigsten Umstände nicht weglasse, da dieselben manchmal zur Controlle des Ganzen dienen können. Zu demselben Zwecke

habe ich manche Details Correspondenten englischer Blätter mitgetheilt (wo übrigens, wie gewöhnlich, meine Berichte ungenau, zum Theil geradezu falsch wiedergeben sind), da durch englische Consuln, politische Agenten und gebildete Touristen, möglicher Weise manches ans Tageslicht gebracht werden könnte, was zur Aufhellung unserer Frage führen dürfte.

Ungefähr im Mai 1883[1]) (לערך חודש מאי) ging einer der jetzigen Besitzer der Handschriften (Z.) bei einem Weinkeller (oder: Restaurant, בית היין) in ihrem Wohnorte, einer südrussischen Hafenstadt, vorüber, wo er einem Matrosen begegnete, welcher hebräisch sprach (מדבר עברית ולשון הקדש). Da dieses seine Neugierde und Verwunderung erregte, so knüpfte er mit dem Matrosen ein Gespräch an, in Folge dessen er von letzterm eingeladen wurde, das Schiff, auf welchem der Matrose angestellt war, zu besuchen, welcher Einladung Z. auch Folge leistete. Während des Besuches zeigte der Matrose, zum Beweise seiner jüdischen Abstammung (לעדה כי ממעי יהודה יצא), die in Rede stehenden Handschriften. Auf die Bitte des Z., ihm einige der Handschriften «als Liebesandenken» (לאות ברית אהבה) zu schenken, erwiderte der Matrose, dass diese Handschriften ihm heilig und glückbringend wären, weshalb er sich von ihnen nicht trennen dürfe (כי הכי האלהים קדושות ומסוגלות להצלחה הן לכן לא יוכל לתתן לו). Als aber darauf Z. ihm ein Oelgemälde «David, das Haupt des Philisters Goliath haltend» (תבנית דוד וידו אחזת בציצת ראש גלית הפלישתי משוח בששר על גליון גדול) zum Geschenk gemacht hatte, wurde der Matrose nachgiebiger und schenkte seinem neuen Bekannten ein Paar Fragmente. Unterdessen segelte das Schiff nebst dem Matrosen nach einer anderen südrussischen Stadt ab. Aber auf Anrathen des X nahm Z andere Oelgemälde zu sich, ging nach jener Stadt, bewirthete den Matrosen einigemal und tauschte seine Bilder gegen 9 andere Fragmente ein. Auf dieselbe Weise erlangte Z, während das Schiff auf der Rückfahrt bei seiner Stadt anlegte, noch 5 Fragmente. Alle diese Fragmente wurden mir zugeschickt. Und da der Matrose erklärt hatte, dass er zu Hause von diesen Handschriften noch mehrere besitze, so wurde ich telegraphisch befragt, ob es sich lohne, nach dem Wohnorte des Matrosen zu reisen und ihm dieselben abzukaufen, was ich, natürlich, mit *ja* beantwortete. In Folge dessen reiste Z nach dem Wohnorte des Matrosen hin und brachte von dort noch mehr als dreissig Fragmente mit, die ebenfalls mir zugeschickt wurden, so dass im Ganzen gegenwärtig sich bei mir 51 Handschriften und Fragmente befinden, deren Inhalt weiter unten angegeben ist.

Natürlich drang ich zunächst in meinen Correspondenten, von dem Matrosen alle nur möglichen Details über die Herkunft der Handschriften genau zu erfahren. Darauf bekam ich zur Antwort, dass der Matrose behaupte: sein Vater habe alle diese Handschriften vor dreissig Jahren in der Stadt Rhodus auf der Insel gleichen Namens gefunden, als zur Zeit einer grossen Feuersbrunst die ganze Stadt ein Opfer der Flammen geworden war, so dass

1) Ich füge zu manchen Worten und Ausdrücken den Wortlaut des Originals aus den Briefen des X bei.

kein einziges Haus unversehrt blieb, (כל הכּי מצא אבי המלח הנזכר זה שלשים שנה בעיר ראדאם בעת אשר כל העיר כלה היתה לשרפה עד כי לא נשאר שם אף בית אחד) was, wie wir weiter unten sehen werden, sich höchst wahrscheinlich auf die grosse Pulverexplosion im alten Johanniterschlosse im Jahre 1856 bezieht. Alle übrigen Umstände dagegen, über welche ich aufgeklärt zu werden wünschte, wie z. B. ob die Handschriften einer Synagoge oder Privatleuten angehörten, ob sich dort noch andere solche Handschriften befinden oder befanden u. s. w., konnte der Matrose leider nicht beantworten, da er damals nur ein zehnjähriger Knabe gewesen und sein Vater bereits todt sei.

Zu meinem Bedauern ist dieses vorläufig Alles, was ich über die Herkunft des neuen Fundes zu sagen im Stande bin. Weiter unten werde ich es versuchen, dieses Wenige zu verwerthen, um zu sehen, ob wir nicht auf eine Spur der Abstammung unserer Handschriften kommen können.

II.

Beschaffenheit der Handschriften, der Schriftzüge und des Textes.

a) Beschaffenheit der Handschriften.

Die mir vorliegenden 51 Handschriften und Fragmente bestehen aus theils gut, theils nicht gut bearbeiteten Pergamentblättern (oder Lederfellen, יריעות) in Rollenform, sind also bloss auf einer Seite beschrieben. Manche von ihnen sind mit einer eigenthümlichen Dinte oder einer anderen Essenz (wie etwa Tusche, Pflanzensaft u. dgl.) geschrieben, welche jetzt eine blasse Farbe mit einem leichten Anflug von Röthlichkeit oder Bräunlichkeit hat. Mehrere Blätter sind beschädigt, meistens jedoch ist das Pergament unversehrt erhalten, einige haben sogar ein ziemlich frisches Aussehen. Dagegen hat die Schrift, in Folge von Feuchtigkeit oder der besonderen Eigenthümlichkeit der Dinte (resp. der anderen Schreibessenz), sehr stark gelitten. Auf einigen Blättern sind nur dann Buchstaben zu bemerken, wenn man sie gegen das Licht hält, andere Blätter oder Theile derselben sind mit einer Kalk- oder Schimmelschicht bedeckt, welche jedoch zum grossen Theil den geschriebenen Text durchblicken lässt, und wieder andere scheinen mit einer Art Fettigkeit durchtränkt zu sein, welche das Lesen der Schrift verhindert. Möglicherweise wird in diesen Fällen, ebenso wie an anderen erblassten Stellen durch behutsam angewandte Reagentien, wenn nicht überall, so doch zumeist ein lesbarer Text hergestellt werden können[1]). Ob man aus der Beschaffenheit des Pergaments, seiner Bearbeitung und der Schreibessenz irgend welche Schlüsse über das Alter und den Abstammungsort der Handschriften wird ziehen können, lässt sich vorläufig nicht sagen, und gewiss wäre der Beistand betreffender Fachmänner in diesem Falle höchst wünschenswerth. Zu diesem Zwecke habe ich an einige namhafte Gelehrte eine Anfrage gerichtet, und falls ihre Antwort bis zum Abdrucke des vorliegenden Berichtes anlangt, so werde ich dieselbe unten mittheilen. Nur auf sehr wenigen Fellen sind an den Rändern kleine Löcher, zum Zeichen davon, dass sie mit andern zu-

1) Ein Freund aus England empfahl mir Ammoniak-Hydrosulphat dazu zu gebrauchen; aber auf meine Anfrage bei einem hiesigen Fachmanne erfolgte eine ungünstige Antwort über dieses Mittel, so dass ich in diesem Falle am wenigsten wagen durfte, dasselbe zu probiren.

sammengenäht waren, zu bemerken; zumeist sind auch auf den Fellen, welche bloss einen Theil eines Buches enthalten, keine solche Löcher zu sehen.

b) Beschaffenheit der Schriftzüge.

Indem ich nun zu einer übersichtlichen Beschreibung der palaeographisch-characteristischen oder bemerkenswerthen Buchstabenformen in unseren Handschriften übergehe, will ich die (für Fachmänner eigentlich von selbst verständliche, aber doch, wie die Erfahrung mich gelehrt, nicht überflüssige) Bemerkung vorausschicken, dass, wenn ich manchmal auf Aehnlichkeiten der Buchstabenformen in nichthebräischen Alphabeten hinweise, dieses lediglich deshalb geschieht, weil vielleicht dieser oder jener Punct als eine Handhabe zur Bestimmung des Abstammungsortes der neuen Schriftart dienen kann, und zwar in dem Falle, wenn es sich herausstellen sollte, dass bei der Ausbildung der eigenartigen Formen fremder Einfluss von Seiten einer Schriftart in der Nachbarschaft stattfand[1])

א = א[2]) hat die Kreuzform des altphönizischen 𐤀 und steht am nächsten der Form des א auf manchen ägyptisch-aramäischen Denkmälern (z. B. auf der Stele von Carpentras,

---

1) Die im Folgenden kurz, ohne nähere Bezeichnung genannten Werke und Autoren sind:

Ascoli, Iscrizioni inedite o mal note Greche, Latine, Ebraiche etc., Torine 1880.

Berliner, Beiträge zur hebräischen Grammatik im Talmud und Midrasch, Berlin 1879.

Clermont-Ganneau, Sceaux et cachets israélites etc., Journal-Asiatique 1883, I, 123—159, 506—510. II, 304—305.

Deecke, Ursprung des semitischen Alphabets, Zschr. d. D. M. G., B. XXXI, 1877, p. 102—116. Ueber das indische Alphabet, Z. D. M. G., ibid. p. 598—612.

J. Derenbourg, Notes épigraphiques (aus dem Journal Asiatique), Paris, 1877.

Euting's, durch die Krim'schen Fälschungen leider verunstaltete, «Tabula Scripturae Hebraicae», Argent. 1882 (in Chwolson's Corpus Inscr. Hebr.).

Gesenius, Monumenta scripturae linguaeque phoeniciae. Lipsiae 1837.

Halévy, Inscriptions de Safa im Journal Asiatique 1877 II, Tafel zu p. 450; auch Z. D. M. G. B. XXXII, 1878, 167—176, und dazu Prätorius, ibid. B. XXXVI, 1882, p. 661—663.

Harkavy, Altjüdische Denkmäler aus der Krim (in den Mém. de l'Acad. Sér. VII, B. XXIV), 1876; vgl. meine Ergänzungen im Magazin für die Wissensch. des Judenth. B. VI. 1879, p. 122.

Levy, Siegel und Gemmen, Breslau 1869, und «Zeitschrift der D. M. G.»

Madden, Coins of the Jews in (Marsden's) «International Numismata Orientalia», Vol. II, London 1881.

Mordtmann in Z. der D. M. G. B. XXXIV, 1880, Tafel zu p. 2.

Nöldeke, Mandäische Grammatik. Leipzig 1875.

Oriental Series in Palaeographical Society, Facsimiles. London 1876—1883.

Renan, Mission de Phénicie, Paris 1874, Journal Asiatique 1864 und 1876, und Corpus Inscriptionum Semiticarum, fasc. I et II, Parisiis 1881—1883.

G. Rosen in Zeitschrift der D. M. G., B. XVIII 1864. Anlagen zu S. 582.

Schröder, Phönizische Sprache, Leipzig 1869.

Steinschneider in Zeitschrift für ägyptische Sprach- und Alterthumsforschung, B. XVI, 1878 und Magazin für die Wiss. des Judenth., B VI, 1879, p. 249—254.

Is. Taylor, The Alphabet, London 1883.

De Vogüé, Temple de Jérusalem, Paris 1864; Mélanges d'Archéol. orientale 1868; Syrie Central, Inscriptions 1868 — 77; Inscriptions Palmyréniennes inédites (Fürst Abamelek-Lazarew's Inschriften) 1883.

2) Typographischer Schwierigkeiten wegen können die Schriftzeichen nur in Einer Form (nach unserer Taf. II) wiedergegeben werden; auf eine genaue Wiedergabe aller Nuancen kommt es übrigens hier, da Lichtdruck-Tafeln vorliegen, nich viel an.

bei Gesenius Tafel 28—29 ungenau; Oriental Series, part. V, № 64, besonders nach der zweiten Photographie in תמנחא und אוסרי in der ersten Zeile, in באיש und איש in der zweiten; hier ist aber der linke Fuss immer kürzer als der rechte, und der rechte Kopf ist hakenförmig), manchmal in althebräischen (z. B. bei Levy, Siegel und Gemmen, Tafel III, № 2) und neuphönizischen (und punischen) Inschriften (Gesenius, Tafel I unter der Rubrik Litterae recent. et num.; Schröder, Tafel *A* zu S. 72, Zeile 3; Taylor, vol. I, p. 227, Columne IX; Corpus Inscr. Semiticarum, fasc. II, № 134, 141, 146, 149 et passim), im älteren Pehlewi (bei Levy, Zft. d. D. M. G., B. XXI, 1867, Tafel III zu S. 460, nach den Münzen № 4. 12 auf Tafel I; diese Form fehlt in der grossen alphabetischen Tafel zu den Pehlewi-Münzen bei Mordtmann in Z. d. M. G. B. XXXIV, 1880, weil M. in seiner Münzensammlung diese Form nicht fand) und in den Safa-Inschriften (bei Halévy, der diese Form zu den «formes abusives» zählt). Die cyprische Form dieses Buchstaben (⁎, bei Deecke, Tafel zu p. 102, Clermont-Ganneau, p. 159, № 46, Corpus Inscr. Semit. fasc. I, № 89, Sayce in den Transactions of the Soc. of bibl. archaeology, und die bekannten Monographien von Cesnola, Hamilton Lang und Schmidt über Cypern und die cyprischen Inschriften) würde die unserige als Abkürzung leicht erklären können, wenn man überhaupt das Recht hätte, diese dem semitischen Alphabet ganz fremde Schriftart heranzuziehen (vergleiche jedoch weiter unten). In der Quadratschrift ist bis jetzt eine Kreuzform des א nicht bekannt geworden; in der Currentschrift habe ich manchmal in italienischen Handschriften eine kreuzähnliche Form dieses Buchstaben gefunden.

= ג hat eine ganz eigenthümliche, im Hebräischen nirgends vorkommende, Form, nämlich die des nach links umgewandten K, ganz wie die ursprüngliche Gestalt dieses Buchstaben im altgriechischen, etruskischen und oskischen Alphabet war (vgl. Facsim. der Palaeograph. Society, class. Abtheilung, Tafel № 111; Clermont-Ganneau, p. 148 № 29), nur entspricht jedoch jener griechische Buchstabe dem phönizischen כ und nicht dem ג. Taylor a. a. O. S. 338 hat zwar in Columne I eine Form unseres Buchstabens, in dem sogenannten israelitischen Alphabet, welche die Genesis der Form in unseren Handschriften gut erklären würde; es ist mir aber unbekannt, auf welchem Denkmale dieser Buchstabe so abgebildet ist, und weder Madden noch Euting kennen diese Form. Schwerlich hat dieselbe irgend welchen Zusammenhang mit der mandäischen Form (bei Nöldeke), da doch sonst keine Verwandtschaft zwischen diesen beiden Schriftarten sich nachweisen lässt. Ueber die zweifelhafte Stelle in der Boraitha (Babyl. Talmud Sabbat f. 103^{b}), wonach dieser Buchstabe dem צ ähnlich ausgesehen haben soll, vgl. Berliner, p. 18. In der darauffolgenden symbolischen Deutung[1]) der Buchstabenfiguren (f. 104^{a}) heisst es: מאי טעמא

1) Im Babyl. Talmud wird diese Deutung Kindern (דרדקי) aus der Zeit des palästinensischen Amora's R. Josua ben Lewi (im III. Jahrhundert n. Chr.) zugeschrieben. Dazu bemerken die Tosafot Schlagwort (אל לרבי יהושע), dass im Jerusal. Talmud (Megillah I, § 11) und in Genesis Rabba (§ 1) gesagt sei, die nach-

פשוטה כרעיה דגימל לגבי דלת («Warum ist der Fuss des ג gegen das ד hingestreckt?»), woraus man ersieht, wenn dies überhaupt nachzuweisen nöthig wäre, dass das ג nur eine nach links ausgestreckte Linie hat.

ה = ה hat die ältere Quadratform (vgl. Altjüdische Denkmäler, S. 118—121, 283; meine Ergänzungen im Magazin für die Wissensch. des Judenthums, 1879, p. 122; Berliner a. a. O. p. 19[1]), und die dort angeführten Quellen) d. h. ohne Oeffnung zwischen dem linken Fusse und der Dachlinie, aber auch oft ohne hinausragende Spitze des Daches nach links und ohne Zacken (und תג) nach oben, wie überhaupt die Schrift unserer Handschriften keine Zacken und keine nach oben gewendete Spitzen der Dachlinien kennt. Einer ähnlichen Form des ה begegnet man in den Bene-Chezir-, Kefer-Bereim- und G'isch-Inschriften (bei de Vogüé, Temple de Jérusalem, Tafel XXXVII, Inschr. № 1, im Worte זה, und bei Renan im Journal asiatique 1864 und in Mission de Phénice Tafel LXX, Inschr. № 1 in dem ersten Worte יהי, daselbst № 3 im Worte ברכתה und in italienischen (z. B. Ascoli № 22, im Worte מנוחתה, № 40, Z. 7 im Worte שמורה; andere, von Ascoli, p. 96, angeführte Beispiele lassen sich nicht genau bestimmen).

ו = ו Dieser Buchstabe hat die althebräische (und ägyptisch-aramäische) Hakenform, welcher man auch auf cilicischen Münzen und älteren palmyrenischen Denkmälern begegnet, in besonders markirter und ausgeprägter Weise beibehalten. Er unterscheidet sich in unseren Handschriften, aber nicht immer, vom ד durch die etwas schiefe, abwärts

---

maligen Tanaiten R. Elieser und R. Josua (ben Chananja, also Ende des I. Jahrhunderts n. Chr.) hätten zu jenen Kindern gehört. Aber vielleicht giebt es hier keinen Widerspruch, denn an beiden letztgenannten Stellen wird bloss die Doppelform von den Buchstaben מנצ פך als Abbreviatur gedeutet, und es ist möglich, dass die Deutung der jugendlichen Zeitgenossen des Amora im Babyl. Talmud sich bloss auf die ersten Buchstaben des Alphabets erstreckt habe, die Fortsetzung aber von dem Redacteur wegen des gleichen Gegenstandes hier beigesetzt worden sei, obwohl diese Fortsetzung Anderen gehört.

1) Ich stimme diesem Gelehrten bei, dass die im Jerusal. Talmud und Genesis Rabba § 12 gegebene Symbolisirung ein späterer Zusatz ist zu dem ursprünglichen Satze מה הא פתוח מלמטה («wie das ה unten offen ist»), wie ich ja ausdrücklich (p. 118 Anmerkung 2) sagte; wenn er aber glaubt, dass die Oeffnung zwischen dem linken Fusse und dem Dache dieses Buchstabens erst nach der Redaction des Jerusal. Talmuds entstanden sei, so stimmt dies nicht mit den Daten der Denkmäler. Auch Löw (Beiträge zur jüdischen Alterthumskunde II, Leipzig 1871, p. 67, 158, Anm. 310), der wohl eingesehen, dass «in palästinensischen Bibelhandschriften des vierten Jahrhunderts (wie wir jetzt wissen, nicht nur in palästinensischen und noch später als im X. Jahrh.) beide vertikale Striche des He mit dem oberen horizontalen verbunden waren», glaubte noch, dass dieser Buchstabe «durch eine anderweitige, jetzt nicht mehr genau zu ermittelnde Nuance von dem Chet sich unterschieden haben muss». Ich bemerke hier beiläufig, dass die von mir a. a. O. aufgestellte Distinction zwischen ה und ה in der älteren Epoche der Quadratschrift neulich durch die von Clermont-Ganneau veröffentlichte Grabschrift des Judan ben Tryphon (Proceedings of the Society of bibl. archaeology, February—March 1884, № 44—45, vgl. dazu die fleissige Untersuchung über Judan und den Titel בירבי von Hrn. Zimmer in der Zeitschrift «Jewish World») bestätigt wird: alle drei ה in der Inschrift unterscheiden sich vom ח im Worte נוח durch das Hinausragen der Dachlinie jenseits der linken Wand.

geneigte Richtung der Dachlinie, wie in manchen italienischen Grabschriften (bei Ascoli № 22, Zeile 2 in פורה וריבי, Z. 3 in ומת). Löw (a. a. O. p. 55) glaubt aus der Aussage R. Eliezer's aus Modi'in (Jerus. Talmud Megillah: ווי העמודים שיהו ווים של תורה דומים לעמודים, d. h. die Wawen in der Tora müssen den Säulen gleich sein) einen Schluss über die Form dieses Buchstabens ziehen zu können, dass nämlich das Waw wie ein Haken ausgesehen habe, was aber schwerlich in dem angeführten Ausspruch enthalten ist. R. Eliezer will offenbar nur sagen, dass der bezeichnete Buchstabe, und ebenso das ganze Alphabet, gleich den Säulen (nicht Haken) seine Gestalt nicht verändert habe. So erklärt es auch der Commentator in der Krakauer (und Krotoschiner) Ausgabe. Noch deutlicher in demselben Sinne ist die Fassung im Babyl. Talmud (Synhedrin f. 22ª: מה עמודים לא נשתנו אף ווים לא נשתנו), obwohl Raschi (zur Stelle) die Hakenform des Buchstabens da sehen will. Uebrigens glaubt der berühmte französische Commentator den ganzen Satz streichen und die Recension der Tosefta (Ed. Zuckermandel p. 422), welche mit der oben aus dem Jerusal. Talmud angeführten übereinstimmt (nur statt des imperativen שיהו hat die Tosefta שהן), annehmen zu müssen (nach unseren Drucken; die Ed. Soncino bei Rabbinowicz, Variae Lect. pars IX, p. 53 liest unrichtig). Das Wort עמוד (Säule) bezeichnet schon in der biblischen Sprache etwas Festes, Stabiles, Unveränderliches, und darauf wird auch R. Eliezer angespielt haben.

= ז hat den ganz geraden Fuss an der Mitte der Dachlinie angebracht und hat von der uralten Form (z. B. in der Mescha-Inschrift und manchmal im Phönizischen, vgl. die sechste Form in der Schröder'schen Tafel A, Corpus Insript. semiticarum № 5, Tab. IV, Fragment A, et passim) blos die Bodenlinie eingebüsst. Die Dachlinie ist manchmal (wie z. B. auf Taf. II) nicht gerade, sondern halbrund gestaltet. In der späteren Quadratschrift ist die Dachlinie zum runden, dicken Kopf umgestaltet worden, der in Handschriften manchmal kreisförmig gestaltet ist, (vgl. die Angabe im *Midrasch R. Akiba* bei Jellinek, בית המדרש V, 31: ועוד היא מגולגלת, und dazu Berliner, p. 21), je doch trifft man hin und wieder auch die Dachlinie an, z. B. in dem Epitaph aus Aden (Levy in Z. d. D. M. G. B. XXI, 1867, Tafel zu S. 156, Zeile 2 und 4; jedoch in der Photographie «Oriental Series» part 2, Tafel XXIX ist diese Form nicht deutlich zu sehen) und auf babylonischen Thongefässen (Euting, Columne 73).

ח unterscheidet sich von ה durch keine besonderen Merkmale, nur ist es gewöhnlich etwas schmäler als letzteres.

= ט hat zumeist eine eigenthümliche Breite und sieht aus wie eine aus zwei Theilen zusammengesetzte Gestalt, nämlich aus der Figur des weiter unten beschriebenen כ und einem geraden, senkrechten Striche links. Etwas der Form unseres Buchstaben Aehnliches findet sich im Fajum'schen Papyrus (bei Steinschneider; Euting, Columne 97 und auf einer babylonischen Schale (bei Madden, Columne 26).

ך = י hat die alte Hakengestalt wie auf ägyptisch-aramäischen und altpalästinensischen Inschriften (z. B. in der Bene-Chezir-Inschrift bei de Vogüé; vgl. Altjüdische Denkmäler, S. 122—123), im Palmyrenischen (bei de Vogüé, zumeist jedoch klein und halbrund, wie manchmal auch in der Quadratschrift, vgl. Altjüdische Denkmäler a. a. O., *Midrasch R. Akiba* p. 32: כפופה קומתה למעלה ולמטה und Ascoli № 22, 23 passim) und im älteren Pehlewi (bei Levy in Z. d. D. M. G. 1867, mit dem Winkel nach oben gewendet). Nur in einigen unserer Handschriften ist dieser Buchstabe kleiner als ן, in anderen dagegen (wie z. B. im Buche Maleachi, s. unsere Tafel II) nicht.

ך = כ hat ebenso die obere Dachlinie, wie auch die untere Bodenlinie, und zwar letztere noch viel mehr ausgeprägt, halbkreisförmig nach oben gebogen. Dieser Form der Bodenlinie begegnen wir, aber in nicht so markirter Form, in der Bene-Chezir-Inschrift und in einigen altsamaritanischen Handschriften (bei Rosen, in Z. d. D. M. G.); übrigens gehört die halbkreisförmige Gestalt der unteren Linie zu den charakteristischen Eigenschaften der Schrift unserer Handschriften. Ebenso wie das Althebräische und Samaritanische kennen auch letztere nicht die Finalform dieses Buchstaben, wie auch nicht die der Buchstaben מ נ פ צ, welche Erscheinung bei nachexilischen Juden einzig in ihrer Art dasteht.

ך = ל hat eine ganz eigenthümliche Gestalt; der obere Strich, welcher ursprünglich das Wesentliche des Buchstaben ausmachte, fehlt nämlich ganz. Dieser Buchstabe unterscheidet sich von ד und ו (auch י) in unserer Schrift dadurch, dass der Fuss schief nach links gezogen ist. Unsere Form steht der des himjarischen ל am nächsten, auch hat sie mit der altgriechischen Form (vgl. Deecke, Z. d. M. G. Tafel II zu p. 102, und Euting Col. 6) eine nahe Verwandtschaft, und wird wohl ebenfalls, wie letztere, durch eine Umwendung der ursprünglichen altphönizischen und althebräischen Gestalt entstanden sein. Weniger wahrscheinlich dürfte die Annahme sein, dass der obere Strich auch in dieser Schrift einst vorhanden gewesen, nur allmählich kürzer und kürzer abgebildet worden und endlich ganz geschwunden sei, während der ursprünglich nicht existirende untere Strich, gleich wie in der Quadratschrift, immer mehr Consistenz bekommen habe, — obwohl die Geschichte des Alphabet's solche Erscheinungen aufzuweisen hat.

Die Ansicht Chwolson's (Col. 408), dass «die Ausbildung dieses Fusses (vom ל) «gleichfalls aus dem Streben nach einer Ligatur entstanden ist; die letztere wurde wahr-«scheinlich nachher deshalb vermieden, weil das ל dadurch mit dem כ oder ב verwechselt «werden konnte» — könnte sonderbar erscheinen, wenn überhaupt etwas Wunder nehmen darf in einem Werke, wo durch Verdrehungen und Insinuationen aller Art gewisse Zwecke erreicht werden sollen. Um von einer Ligatur, welche nachher vermieden wurde, sprechen zu dürfen, müsste man doch wenigstens ein Beispiel kennen, wo diese Ligatur einst vorkam. Ueber Ligaturen in der Quadratschrift überhaupt vgl. weiter unten.

= מ hat eine eigenartige Form; es ist nämlich zusammengesetzt aus dem oben beschriebenen כ und einem, den ganzen Buchstaben schräg durchziehenden, mehr oder minder über die Dachlinie hinausragenden Haken, der schief nach links gezogen ist und mit dem Ende der Bodenlinie sich vereinigt. Diesem Haken, der offenbar den Querstrich des phönizischen מ, welcher im Althebräischen und Samaritanischen sich schon zum kleinen Kopf reducirte, noch sehr prägnant darstellt, begegnet man auch hin und wieder in aegyptisch-aramäischen Inschriften, auf cilicischen Münzen und im ältern Pehlewi (bei Levy, Z. d. DMG. 1867, Tafel III, wo in der dritten Columne eine der unsrigen nahestehende Form dieses Buchstaben sich findet). Wie schon oben bemerkt, kennt unsere Schriftart die Finalform auch dieses Buchstaben nicht.

= נ hat von der althebräischen (samaritanischen) Form den obern Zacken (coronula), oberhalb der Dachlinie, eingebüsst (der untere Zacken unter der Bodenlinie, findet sich in älteren samaritanischen Handschriften nicht; vgl. die Anlagen bei Rosen a. a. O. Dies beweist, dass der obere Zacken nicht etwa eine spätere Verzierung der Buchstaben gleich den andern תגין, sondern ein Ueberbleibsel von dem ursprünglichen oberen Striche ist). Die Dachlinie ist in unsern Handschriften immer ebenso lang wie die Bodenlinie. Keine Finalform.

= ס ist ganz eigenthümlich; es hat die nirgends sonst im Hebräischen vorkommende Gestalt eines ovalen Halbkreises, jedoch die grössere Hälfte des Kreises bildend, mit der Oeffnung nach oben gewendet, ganz wie das ע auf cilicischen Münzen und aegyptisch-aramäischen Denkmälern geformt ist. Im Palmyrenischen und Nabatäischen hat das ס eine Oeffnung an der linken Seite (und die Dachlinie wellenförmig); auf Pehlewi-Münzen (bei Mordtmann, a. a. O.) ist die Oeffnung bald nach oben, bald nach unten gewendet, und in letzterem Falle bekam unser Buchstabe die Gestalt des ע der Quadratschrift; auch in der Quadratschrift begegnet man manchmal einer Oeffnung zwischen der Dachlinie und der linken Seite (z. B. in der Kefer-Bereim-Inschrift, bei Renan, a. a. O. im Namen יוסה, und in italienischen Grabschriften bei Ascoli, № 17 dreimal, vgl. p. 96); aber eine ganz dachlose Form findet sich nur in den Safa-Inschriften (bei Halévy, a. a. O. Tafel I, das vierte Zeichen links) und auf einer babylonischen Schale. Auch auf der Grabschrift aus Aden, nach der Tafel bei Levy (Z. d. DMG. 1867, zu S. 156), könnte man glauben, in dem ersten Worte der ersten Zeile (נאספה) ein dachloses ס vor sich zu haben; aber die Photographie (in Oriental-Series № 29) zeigt, dass der Stein oben beschädigt ist. Auch in der dritten Zeile (im Worte החסורה) ist der obere Theil des ס nicht deutlich genug[1]).

1) In Betreff dieser Grabschrift erlaubt sich Chwolson (Col. 127) eine jener Verdrehungen, von denen sein Buch wimmelt. Er macht nämlich, gegen meine Aussage (Altjüdische Denkmäler, p. 283), Prof. Wright für die Bestimmung des Datums, die doch Hrn. Schiller-Szinessy gehört (was Chwolson selbst a. a. O. zugiebt).

Schon im III—IV Jahrhundert n. Chr. war das ם, wenigstens in Palaestina und Babylonien, ganz geschlossen, wie man aus den bekannten Aussagen des R. Lewi: מאן דאמר אשורי נתנה התורה סמך מעשה ניסים (Jerusalem. Talmud, Megillah 11, I) und des R. Chisdah: מם וסמך שבלוחות בנס היו עומדים (Babylon. Talmud, Sabbath 104a, Megillah 2b) entnehmen kann. Vorläufig wird es schwer zu entscheiden sein, ob die Form dieses Buchstaben in unsern Handschriften aus einer Umwendung der aramäischen Figur entstanden sei und somit ein älteres Stadium als das geschlossene ם der Quadratschrift darstelle oder ob dieselbe aus einer spätern Entwickelung hervorgegangen sei und denselben Process wie das phönizische ע, welches doch auch ursprünglich geschlossen war und allmählich sich mehr und mehr öffnete, durchgemacht habe.

= ע. Auch dieser Buchstabe hat eine eigenartige Gestalt, nämlich die des russischen Э, welche Form ursprünglich im Griechischen und Etruskischen vorhanden war, als die Schrift noch von links nach rechts gerichtet war. Auch bei diesem Buchstaben ist es schwer festzustellen (so lange wir die vorangehenden Mittelformen nicht kennen), ob man die Gestalt desselben einer Umwendung des ע in der Quadratschrift zu verdanken hat, oder ob dieselbe selbstständig aus der assyrischen und aramäischen Form (des geöffneten Kreises, welche oft eine der unsrigen nahestehende Figur aufzuweisen hat, wie z. B. im Palmyrenischen bei Gesenius, Tafel 5 und bei Euting, Columne 18, 25) entstanden ist. In R. Lewi's Aussage: מאן דאמר רעין נתנה תורה עין מעשה ניסים (Jerusalem. Talmud, Megillah I, 11) erhielt sich eine Reminiscenz, dass im Althebräischen das ע geschlossen war.

= פ. Die Form in unsern Handschriften unterscheidet sich von der Form dieses Buchstabens in der Quadratschrift: Erstens, durch die scharf markirte Fortsetzung der gebogenen Dachlinie im Innern des Buchstaben, so dass diese Fortsetzung eine selbstständige Linie bildet (manchmal, z. B. in Taf. II, ist sogar der innere Strich mit der Dachlinie gar nicht vereinigt), ohne jedoch die rechte Wandlinie zu berühren, wie es in der syrischen und der kufischen Schrift der Fall ist. In der Quadratschrift wurde in manchen Gegenden die Dachlinie im Innern des Buchstabens kreisförmig verschnörkelt, so dass der obere Theil des Buchstabens, so wie des ז und des ן einem runden Knäuel ähnlich sah (אותיות המלופפין),

---

verantwortlich. Was aber dem Letzteren «very unlikely» vorkommt, ist noch keine ausgemachte Sache (die Tosafoth zu Aboda Zara f. 10[a] sagen ausdrücklich: מכאן יש להכשיר ששך שדלג בו הסופר לבריאת עולם ואפילו דלג האלפים והמאות רק שכתב בכך וכך לפרט; vgl. Löw, Beitr. zur jüd. Alterthumsk. I, 71, 216, Anm. 287, und die Beispiele Rapoport's im Kerem Chemed V, 199). Selbst Chwolson macht, da wo er es pour les besoins de sa cause nicht nöthig hat, gar keinen Gebrauch von den Datenbestimmungen dieses Gelehrten, z. B. in Cod. Cambridge № 12 (Catalog Schiller-Szinessy, p. 12—15, vgl. Altjüd. Denkmäler p. 120, Anmerkung 3) und in den von Lowe edirten Fragmenten aus dem Babyl. Talmud (vgl. meine Bemerkung im מאסף נדחים I, 190, № 12, und Hebr. Bibliographie XIX, 70). Dass meine Ansicht von dem späten Schriftcharakter dieses Denkmals nicht aus der Luft gegriffen war, wie Chwolson sich zu beweisen anstrengt, zeigt der Umstand, dass dieselbe auch auf Ascoli (a. a. O. p. 31—32) einen solchen Eindruck machte, was für jeden besonnenen Gelehrten eine weit grössere Bedeutung als Chwolson's langer und breiter Wortschwall haben muss.

daher im Midrasch R. Akiba a. a. O. die Bezeichnung מגולגלת für diese drei Buchstaben. Zweitens, durch die nach oben abgerundete, einen Halbkreis bildende Bodenlinie, ganz wie im כ unserer Handschriften und in der altsamaritanischen Schrift (bei Rosen, a. a. O.). Drittens, durch das Fehlen der Finalform.

= צ hat ganz die Form des כ unserer Schriftart (d. h. mit der abgerundeten Bodenlinie) mit einem mehr oder minder nach rechts angebrachten Haken. Entbehrt ebenfalls der Finalform.

= ק hat eine originelle, nirgends sonst vorkommende Gestalt: es reproducirt nämlich ganz genau das כ und fügt unterhalb desselben einen geraden senkrechten Strich hinzu, der ganz ausserhalb der כ-Figur sich befindet; vgl. die altgriechische Form (Euting, Col. 6, und auf einem Siegel bei Clermont-Ganneau p. 133, № 5, im Namen פקח).

= ש Ganz eigenartig ist auch dieser Buchstabe in unseren Handschriften gestaltet, nämlich als ein ganz geschlossenes Viereck mit einer ondulirten Dachlinie, wo blos die drei durch die Ondulation gebildeten Zacken an das semitische ש erinnern. Der geradwinkeligen Form dieses Buchstaben mit der breiten Bodenlinie begegnen wir schon im Altphönizischen (z. B. in der Eschmunazar-Inschrift Zeile 7 in den Worten ישא und משכבי, nach dem Lichtdrucke im Corpus Inscr. Semit. № 2), im Altsamaritanischen (bei Rosen, a. a. O. jedoch immer in kleiner Figur), und wenn das Kyrillo-Slawische Alphabet, wie manche Gelehrte behaupten, das Ш aus der hebräischen Schrift entlehnt hat[1]), so wird sich wahrscheinlich um jene Zeit eine solche Form in letzterer befunden haben, — ob in Macedonien, dem Heimathslande des Kyrillus (Constantinus der Philosoph) oder in Chazarien, wird wohl jetzt kaum zu entscheiden sein. Aber in allen diesen Fällen befindet sich die mittlere Linie im Innern des Buchstaben aufrecht stehend. Horizontal und parallel der Bodenlinie befindet sich dieselbe, so weit mir bekannt ist, nur in der altindischen Schrift bei Weber (Z. d. D. M. G. B. X, 1856, Tafel zu S. 396; Deecke a. a. O. Tafel IV, 21[d] zu p. 598, zählt diese Form zu den späteren), welche, obwohl sie, wie Weber dort zuerst nachgewiesen hat, der semitischen Alphabetengruppe angehört, doch schwerlich mit unserer Schrift in irgend welchem Connex steht, da doch sonst nichts Verwandtes zwischen beiden Schriftarten auf-

1) Dagegen hat Hr. Wsewolod Miller in seinem neuesten Aufsatze über den Ursprung mehrerer Buchstaben in der Kyrillitza und der Glagolitza (Журналъ Министерства Народн. Просвѣщ., Мартъ, 1884 p. 1—35) Einspruch erhoben. Aber gegen seine eigene, übrigens scharfsinnige, Theorie von der Entlehnung aus der Pehlewi-Schrift, welche bei den Chazaren und in Südrussland überhaupt im VIII. und IX. Jahrh. verbreitet gewesen sein soll, lässt sich Mehreres einwenden. Es ist auch zu bedauern, dass Hr. Miller sehr späte (vom XIII. Jahrh.) Pehlewi-Denkmäler benutzt und nicht die älteren Denkmäler (die Münzschrift bei Levy und Mordtmann in der Z. d. D. M. G. a. a. O. und die anderen Quellen bei Taylor, II, 238—255) zu Rathe zieht. Hr. Taylor glaubt die ganze Glagolitza und Kyrillitza aus der griechischen Currentschrift ableiten zu können, was vom Standpunkte des Hrn. Miller, welcher für das Einheitsprinzip kämpft, doch den Vorzug vor seiner eigenen Theorie (von der theilweisen Abstammung aus der Pehlewi-Schrift) verdient.

zuweisen ist; auch ist im Altindischen die mittlere Linie nicht wellenförmig und nicht mit den Seitenlinien vereinigt. Es wird also nur zufällige Aehnlichkeit sein, worauf kein Gewicht zu legen ist.

Aus der vorhergehenden Uebersicht erhellt, dass das Alphabet der neuaufgefundenen Handschriften theils (wie z. B. ה, ו, י, מ, נ) ältere Formen als die gewöhnliche Quadratschrift aufzuweisen hat; theils, wenn auch nicht sicher ältere, so doch jedenfalls selbstständige, von der Quadratschrift unabhängige Formen (wie ג, ל, ם, ע, ק, ש) besitzt; und soviel ist gewiss, dass diese Schriftart nicht aus der Quadratschrift entstehen konnte. Andererseits aber zeigen die gerade Richtung der Dachlinien oder die Wendung ihrer linken Spitze nach unten statt der Richtung nach oben, die gänzliche Abwesenheit der oberen Zacken an den Dachlinien in den Buchstaben ב ד ה ח ק, und noch andere Merkmale, dass wir es hier mit einem, im Vergleich mit der Quadratschrift, weit vorgeschrittenen Alphabet zu thun haben. Wir sind also berechtigt, aus diesen Erscheinungen den Schluss zu ziehen, dass die Schrift unserer Handschriften ihren eigenen Weg gegangen ist und sehr früh, noch vor der gänzlichen Ausbildung der Quadratschrift, sich von der althebräischen Stammschrift getrennt habe. Dieses beweist nun wiederum, dass unsere Handschriften aus einer Gegend stammen müssen, wo die diese Schrift gebrauchenden Juden von Alters her isolirt lebten und eine originelle Schriftart entwickeln konnten. Wir werden bald sehen, dass den Gegenstand auch von einer andern Seite betrachtet, nämlich von der religiös-traditionellen, man auch zu demselben Schlusse gelangen muss.

Ein Hauptcharakteristikon der neuen Schriftart ist die abgerundet nach oben gebogene Bodenlinie in den Buchstaben מ (zumeist), ב, מ, פ, צ und ק, obwohl oben auf analoge Fälle im Althebräischen und Samaritanischen hingewiesen wurde. Da aber in letzteren die Abrundung bei Weitem nicht so ausgeprägt und durchgreifend ist, so ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass hier fremder Einfluss, und zwar von Seiten einer Schrift der Eingeborenen in der Gegend jener Juden, mitgewirkt hat. Wenn dem so wäre, so könnte dieser Umstand vielleicht Fachmännern als ein Fingerzeig zur Auffindung des Heimathslandes unserer Handschriften dienen.

Ein anderes Charakteristikon unseres Alphabets ist der vollständige Mangel des dicken Kopfes, der in der Quadratschrift so häufig vorkommt (in den Buchstaben א, נ, ו, ז, י, נ, ע, צ, ש). Dieser Charakterzug der neuaufgefundenen Schrift ist jedenfalls ein Kennzeichen der Alterthümlichkeit, da die altsemitische Schrift auch den dicken Kopf nicht kennt. Dasselbe ist auch in Betreff der Gleichmässigkeit der Linien und der Abwesenheit einer Eintheilung derselben in dickere und dünnere Theile (wie in den Buchstaben ה, ז, ח, ל, נ etc. der Quadratschrift) zu bemerken; nur im Buchstaben א ist die linke Linie meist dicker als die rechte.

Dagegen ist die Abrundung der Bodenlinie wohl als ein späteres Stadium zu betrachten. Diese Linie, welche das altsemitische Alphabet entweder gar nicht kennt, oder nur in embryonischem Zustande hat, verdankt am wahrscheinlichsten ihre Entstehung dem Um-

stande, dass die von rechts nach links gerichtete Hand des Schreibers nicht immer sogleich beim Schluss des Buchstabens aufzuhalten möglich war, besonders beim Schnellschreiben, wo die Hand im vollen Schwunge war, so dass die für den folgenden Buchstaben strebende Richtung von rechts nach links sich automatisch auch dem Schlusse des vorgehenden Buchstabens mittheilte. Die Bezeichnung Streben zum Cursiv (bei Levy, Z. d. D. M. G. IX, 1855, p. 477) ist nicht ganz genau.

Iw. W. Pomjalowski machte Chwolson auf einen Aufsatz von Ritschl «Zur Geschichte des lateinischen Alphabets» (im IV. Bande seiner Opuscula philologica, 1878) aufmerksam, wo dieser Gelehrte nachzuweisen sucht, dass «die Ursache der Veränderungen und Wandelungen des Alphabets hauptsächlich in dem Streben bestand, die Arbeit des Schreibens zu erleichtern und dieselbe zu beschleunigen, oder, wie Ritschl sich ausdrückt, in dem instinctiven Vereinfachungs- und Verkürzungstrieb der alten Zeit. In Folge dieses Strebens sind (nach dieser Theorie) manche Züge der Buchstaben vereinfacht worden, oder sie wurden ganz weggelassen; durch dieses Streben entstanden auch die Ligaturen, durch welche manche Buchstaben ihre ursprüngliche Gestalt sehr verändert haben». Flugs wendet Chwolson (Corpus Inscr. Hebr., Col. 49 — 50) diese Theorie auf die hebräische Schrift an und lässt sich weitschweifig aus über Ligaturen in der Quadratschrift, denen man so manche Form zu verdanken haben soll (Col. 68, 406 — 410), wo aber die Theorie gar nicht passt, denn bei dem Uebergang vom Aramäisch-hebräischen zur Quadratschrift kann man Verlängerungen, Amplificationen und Verschnörkelungen ebenso gut wie Verkürzungen und Vereinfachungen bemerken. Was aber Ligaturen anbetrifft, so ist Chwolson entgangen, dass es den Juden verboten war, in den Codd. der heiligen Schrift Ligaturen zu gebrauchen, wodurch die Schreiber und Copisten, deren Hauptbeschäftigung das Verfertigen von Bibelexemplaren war, von Ligaturen überhaupt Abstand nehmen mussten. Die jüdische Gesetzgebung verlangt, worauf schon Levy a. a. O. aufmerksam machte (vgl. Ascoli p. 93 — 94), dass zwischen den Buchstaben ein freier Raum bleibe (ריוח בין אות לאות כל שהוא Jerus. Talmud, Megilla a. a. O.; כמלוא חוט השערה Babyl. Talmud, Menachot f. 30[a]; כמלא שער Mass. Soferim II, § 2), so dass jeder Buchstabe «vom Pergamente von allen vier Seiten umgeben» sei (Babyl. Talmud, Menachot f. 29[a], 34[a] מוקף גויל מארבע רוחותיה)[1]. Die erste Forderung, wie wir sahen, hat schon die alte Boraitha; die zweite ist von Rab (Abba Areka, in der ersten Hälfte des III. Jahrh.) formulirt, und hat letztere wahrscheinlich den Zweck, dass auch an den Rän-

1) Levy a. a. O., Anmerkung 20, will auch die Forderung der Boraitha (Babyl. Talmud Sabbat f. 103[b]) einer «vollständigen Schrift», כתיבה תמה, auf diesen freien Raum beziehen, was aber unzulässig ist, denn die Boraitha daselbst erklärt bald darauf ganz umständlich, was sie unter einer «vollständigen Schrift» versteht; vgl. auch Löw a. a. O. II, 67. Allerdings hat schon Raschi (Menachot f. 28[a]) nach einer Lesart diese Deutung (vgl. auch Tur Jore Dea § 274[b]); aber diese Lesart ist gewiss unrichtig und kennen dieselbe weder Ibn-Aderet und Ascher in ihren Responsen, noch Joel Serkes. Ueber die Quellen vgl. Bamberger, מלאכת שמים, Altona 1853, f. 21[a].

dern der Handschriften etwas freier Raum gelassen werde, also auch da, wo keine Verbindung der Buchstaben stattfinden kann, wie z. B. am Anfange und am Schlusse der Columne, oberhalb und unterhalb der Zeilen. Solche Regeln für die Schrift werden gewöhnlich nicht von vorn herein erfunden und den Schreibern octroirt, sondern sind im Gegentheil die Sanctionirung des lange in der Praxis Gebräuchlichen und allgemein Ueblichen; vgl. die Berufung auf die «correcten Schreiber» (ספרי דווקני, Babyl. Talmud, Menachoth f. 29[b]). Dass dies Alles nicht etwa eine neue rabbinische Satzung aus dem II. oder III. Jahrhundert ist, können wir auch aus den auf uns gekommenen ältesten hebräischen Denkmälern sehen, wo gar keine Ligaturen vorkommen. Von den altpalästinensischen Denkmälern ist nur die Ligatur am Schlusse der Bene-Chezir-Inschrift bekannt, welche Ligatur vielleicht nur durch einen Zufall entstanden ist. Man wird daher billigerweise den Ligaturen in den viel späteren italienischen Grabschriften bei Ascoli einen rein localen Charakter zuschreiben müssen. Grundfalsch ist auch die von Chwolson (Col. 407—410) bis zum Ueberdruss wiederholte Behauptung, dass dieser oder jener Buchstabe mit dem nächsten nicht verbunden werden konnte, weil er sonst einem andern Buchstaben ähnlich ausgesehen hätte. Die Nichtigkeit dieser Behauptung beweisen die syrische und die arabische Schrift zur Genüge. Da, wo der Trieb zu Ligaturen und die Möglichkeit sie anzubringen vorhanden sind, findet die Furcht vor Verwechselung bei den Schreibern nicht Platz, und suchen letztere durch diakritische Punkte oder auf andere Weise die Verwechselung zu verhindern. Da wir im Talmud kein ausdrücklich directes Verbot der Ligaturen beim Schreiben der Tora, des Buches Esther, des Scheidebriefes u. s. w. finden (denn die oben angeführten Regeln verbieten die Ligaturen nur indirect), so können wir daraus schliessen, dass dieselben auch im gemeinen Leben, in profanen Schriftstücken, ungebräuchlich waren.

Es ist für die überstürzte Behandlungsweise des Gegenstandes durch Chwolson ganz charakteristisch, dass während er sich einer zufällig erfahrenen Notiz auf einem fremden Gebiete sogleich bemächtigt und mit ihr (um Chwolson's eigenen Ausdruck zu gebrauchen) «nach oben, nach unten, nach rechts, nach links und nach allen Seiten operirt», den Cardinalpunkt der hebräischen Ligaturenfrage mit keiner einzigen Sylbe erwähnt!

Uebrigens, hoffe ich, den jetzigen Zustand der hebräischen Paläographie und die neueste leichtfertige Theorienmacherei in derselben nächstens ausführlicher zu besprechen.

Jedenfalls aber haben die eben erwähnten Eigenthümlichkeiten nichts mit den religiösen Gebräuchen der Synagoge zu schaffen. Ganz anders aber steht es mit einem anderen Charakteristikon der Schrift in den neuaufgefundenen Handschriften, nämlich mit der gänzlichen Abwesenheit der Finalform in den Buchstaben כ מ נ פ ץ oder (nach der gewöhnlichen Anordnung in der jüdischen Literatur) מ נ צ פ ך. Diese Finalform wurde in der talmudischen Zeit entweder als von Moses selbst herrührend: מנצפך הלכה למשה מסיני, oder als alte prophetische Institution angesehen: מנצפך צופים אמרום (Jerusalemischer Talm. Megillah I, 11; Babylonischer Talm. Sabbath 104a, Megillah 2b; Midrasch Rabbah zu Genes. § 1, zu Numeri § 18; die rabbinischen Autoritäten für diese Aussage werden in den Quellen ver-

schieden angegeben, wie bereits der Glossator zum Jerus. Talm. bemerkt). Allerdings liegt in der letzten Behauptung, wie schon der Jerusalem. Talm. und die Tosafot zur Stelle richtig bemerkten, ein Wortspiel zu Grunde [1]); aber nichtsdestoweniger beweist dieser Ausspruch, dass man im III. und IV. (viell. schon im I. und II.) Jahrh. die Finalform als eine uralte und unentbehrliche betrachtete, wie es auch gleich darauf heisst (Jerusal. Talm. ibid.): כל האותות הכפולים באלף בית כותב הראשונים בתחילת התיבה ובאמצע ואת האחרונים בסופה ואם שינה פסל, und die alte Boraitha (Sabbath 103b) sagt: שלא יכתוב מימין סמכין סמכין מימין סתומין פתוחין פתוחין סתומין [2]). Wirklich kommen die Schlussformen der bezeichneten Buchstaben schon auf den ältesten Quadratschrift-Denkmälern vor, und auch die Karäer haben von jeher die Doppelbuchstaben gehabt. Das Nichtvorhandensein dieser Doppelbuchstaben ist demnach etwas ganz Unerhörtes im Judenthume.

Ebenso sind auch alle andern Regeln und gesetzlichen Bestimmungen, die für das Buch Esther obligatorisch sind, in unseren Handschriften nicht beobachtet, wie z. B. das seit der talmudischen Zeit streng beobachtete Liniren (שרטוט) [3]), der pflichtmässig leere Zwischenraum zwischen den Buchstaben, Wörtern, Zeilen und Paraschen (vgl. Jerus. Talm. ibid. und Babyl. Talm. Menachot 30a, 34a) בין שיטה לשטה כמלא שיטה בין תיבה לתיבה כמלא אות בין אות לאות כל שהוא ; ריוח שבין פרשה לפרשה, die vorgeschriebenen Zacken und der Höcker des ח (חטוטרת, תגין, זיונין; über letztere vgl. Derenbourg p. 134 — 144), der Unterschied zwischen letzterem und ה, ebenso wie zwischen ו und י (ההין התין, ווין יודין), die ausnahmsweise gross zu schreibenden Buchstaben u. s. w. Andererseits treffen wir hier einen Religionsbrauch (andere Motive werden es schwerlich sein), der sonst bei Juden und Karäern unbekannt ist, nämlich, dass auch die Propheten, und selbst die nicht zum Vorlesen in der Synagoge bestimmten Theile (הפטרות), und sogar die Hagiographen (Sprüche Salomo's und Daniel) in Rollen und nicht in Buchform geschrieben sind.

Dieses Alles beweist uns klar, dass die Schreiber der (wie behauptet wird) aus Rho-

---

1) Aus den Finalbuchstaben (nach der erwähnten talmudischen Ordnung) מנצפך wurden nämlich zwei Worte: מן צפך (von deinen Propheten) gebildet. Indessen scheint es, dass nur der Babyl. Talmud das Wort צופים im biblischen Sinne, also als Propheten auffasst, wie dies die darauf folgende Frage: ותיסברא והכתיב אלה המצות שאין נביא רשאי לחדש דבר מעתה? beweist; der Jerusal. Talmud dagegen und der Midrasch a. a. O. nehmen das betreffende Wort im Sinne von hellblickenden oder scharfsinnigen Leuten, und auf die Frage: מאן אינון אילין צופים? folgt als Antwort die Erzählung mit den agadisirenden Kindern. In Genesis Rabbah (§ 1) ist der Text corrumpirt, und dem R. Josua werden zugleich zwei verschiedene Ansichten, nämlich מנצפך צופים אמרו und הלכה למשה מסיני zugeschrieben. Die Vermuthung Löw's (a. a. O. II, 65—66) ist weit hergeholt und ganz unwahrscheinlich; vgl. auch Berliner p. 25—26. Ueber die Deutung Derenbourg's, Geiger's und J. Levy's der talmudischen Benennung der althebräischen Schrift כתב ליבונאי wegen des Mangels der Finalform vgl. ibid. p. 8—9, wo noch Luzatto (in כרמי שומרון p. 111) und Löw II, 54 nachzutragen sind.

2) Dieses kann sich nur auf die Buchstaben und nicht auf die Paraschot beziehen, denn, abgesehen vom masc. des Adjectivs, heisst es gleich darauf: פרשה פתוחה לא יעשנה סתומה סתומה לא יעשנה פתוחה.

3) Die talmudischen und rabbbinisch-nachtalmudischen Stellen über das Liniren sind gesammelt von Löw a. a. O. I, 186—189, 239—240. II, 30, 148.

dus nach Südrussland gebrachten Handschriften und die Juden, für welche jene Handschriften geschrieben wurden, nicht nur eine eigenthümliche Schriftart erfunden und besessen haben, sondern auch ganz andere religiöse Gebräuche beobachteten als sonst Juden, Karäer und Samaritaner (letztere besitzen bekanntlich eine ihnen eigenthümliche, aus dem Altisraelitischen stammende Schrift und wollen von den Propheten und Hagiographen des alten Testaments, von Jerusalem und seinem Tempel und von der davidischen Dynastie nichts wissen) und ganz isolirt von ihren Stammesgenossen lebten; vgl. darüber ausführlich weiter unten.

c) Beschaffenheit des Textes.

Auch für die Textkritik oder die Geschichte des hebräischen Textes einiger alttestamentlichen Bücher werden die aufgefundenen Handschriften nicht ohne Bedeutung sein. Ich will in diesen Gegenstand hier nicht näher eingehen, da ich gedenke, denselben, nachdem die Vorfragen über die Handschriften von der gelehrten Welt gelöst sein werden, einer genauen Untersuchung zu unterziehen. Aber ein paar Proben will ich doch geben.

Im Buche Esther II, 21 lautet der Text in der Handschrift wie folgt: ויהי בראת בגתן ותרש שני סריסי המלך משמרי הסף כי אחרת משבה אל בית הנשים שני ויבקשו לשלח etc. «Als Bigthan und Theresch, die beiden Diener (Eunuchen) des Königs, von den Thorwächtern, sahen, dass sie (Esther) sich verspätet hatte, in das Frauengemach wieder zurückzukehren, da wollten sie Hand anlegen etc.» Der textus receptus hat ganz anderes, denn hier lautet dieser Vers: בימים ההם ומרדכי יושב בשער המלך קצף בגתן ותרש שני סריסי המלך משמרי הסף ויבקשו לשלח etc. «Zu jener Zeit und (als) Mordechai sass am königlichen Thore, da zürnten B. und T., die beiden Diener (Eunuchen) des Königs, von den Thorwächtern, und wollten Hand anlegen» etc.

Auch die alten Uebersetzungen haben hier keine Abweichungen, und die apokryphischen Zusätze zu diesem Buche im Griechischen und im Targum Scheni fügen hier nichts hinzu [1]); nur das sogenannte palästinensische Targum und die alten Rabbinen beschäftigen sich mit der Frage über die Ursachen des Zornes von Seiten der königlichen Diener, welche Ursache im Texte nicht angegeben ist. Das Targum und Midrasch Rabbah zur Stelle finden in den Worten: ומרדכי יושב בשער המלך (und Mordechai sass am königlichen Thore), welche hier nicht gut eingefügt und aus Vers 10 wiederholt sind, die Ursache des Zornes angedeutet. Mordechai nämlich hätte die beiden genannten Diener am Königsthore ersetzt; und diese Quellen legen, nach agadischer Art, den Dienern den Vorwurf in den Mund: der König habe zwei Quästoren (oder edle Senatoren) vom Amte entfernt und an ihrer Stelle einen barbarischen Pförtner eingesetzt [2]). Der Babyl. Talm. (Megillah 13[b])

---

1) Letzteres hat einen erklärenden Zusatz in der zweiten Hälfte unseres Verses.

2) Im Targum und Jalkut lautet die Stelle: ליראת רבותא לסלקא תרין קלוסנטרין (Jalkut:) ולאוקמאי חד בכיין (Levy, Chaldäisches Wörterb. zu den Targumim: «Weiner» oder בביין «Pförtner».

glaubt, die Esther habe deren Zorn verursacht, und die Kammerdiener sollen einander gesagt haben: «Seitdem diese hier angekommen ist, müssen wir schlaflose Nächte zubringen» מיום שבאת זו לא ראינו שנה בעינינו, wahrscheinlich, weil man dieselbe (nach Vers 14) Abends in den königlichen Palast und Morgens nach dem Harem führen musste. (Eine andere Erklärung giebt Raschi zur Stelle).

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass der fragliche Vers die alten Rabbinen viel beschäftigt hatte, und es ist sehr möglich, dass aus derselben Ursache der Schreiber unserer Handschrift (oder der Schreiber seiner Vorlage) sich veranlasst fand, seine Materialien frei (sogar zu frei) zu behandeln und den Vers radical umzuarbeiten. Derselbe war übrigens kein meisterhafter Stilist im Hebräischen[1]), wie die Worte אחרת משבה (statt אחרה משוב oder מלשוב) zeigen. Das zweite Wort nebst den vier darauf folgenden hat er offenbar aus Vers 14 entlehnt. Aber wie dem auch sei, immerhin bleibt diese Recension

---

ner»); im Midrasch Rabbah: ?מרי קצפון היה שם מעביר שנים ומושיב אחד, מעביר שני קלוסריקין שהן שומרי הסף ומושיב הברברי הזה. Das Wort קלוסריקין ist dunkel; nach dem Aruch: edle Reisende; De Lara, Mussafia, Buxtorf, Schönhak und Levy nehmen dasselbe als Corruptel des targumischen קלוסנתרין, und letzteres übersetzt Buxtorf (und nach ihm Wünsche, Bibliotheca rabbinica, Esther S. 45): praefectus; de Lara, Mussafia und Schönhak halten es für aus καλός und «senator» zusammengesetzt; Levy (im Wörterbuche, II, 365) und ebenso Perles (Etymologische Studien zur rabbinischen Sprache S. 134) vergleichen es mit dem syrischen קסתונרא. d. h. quaestionarius; Fürst (in den Anmerk. zu Wünsche's Biblioth. rab. S. 92) conjicirt פילקטירין, φυλακτῆρες. Hängt nicht das Wort mit claustrum, clausura, spätgriechisch κλεῖστρον, κλείσουρα zusammen, was für «Thorschliesser» passen würde?

1) Meine Bemerkung wegen des spät hebräischen Stils in den Krim'schen Grabschriften sucht Chwolson durch die von Ascoli neulich veröffentlichten italienischen Epitaphien zu widerlegen. Man traut seinen Augen kaum, wenn man bei Chwolson (Col. 472—473) die Firkowitsch'schen Grabschriften NN. 36 und 73 mit den Ascoli'schen NN. 26, 31, 32, 33 in Parallele gestellt sieht! Letztere kann jeder Bibelkundige leicht verstehen; von den Krim'schen dagegen ist die erste (№ 36) in einer solchen verschnörkelten Schreibweise abgefasst, dass kein einziger Hebraist, der nicht zugleich in der jüdisch-mittelalterlichen Literatur bewandert ist, dieselbe zu verstehen im Stande sein wird, und die zweite Hälfte ist noch dazu gereimt; ebenso ist die zweite Grabschrift (№ 73) in Reimen abgefasst, was man in Grabschriften vor der jüdisch-spanischen Epoche schwerlich antreffen wird. Man braucht nur die aus den genannten Gegenden stammenden Inschriften zusammenzustellen, um den grossen zeitlichen Abstand zwischen ihnen zu erkennen.

Firkowitsch № 36 (angeblich vom Jahre 619 n. Chr.).

אבן שלמה וצדק ילין בה
בסדר ואלה ימי שני חיי
אברהם אשר חי שבעים
וחמש שנה רועה אבן
השכל הבן אבן זאת על ‖ הכל עולה
אברהם בכשי ‖ בשמו
יושר עמו
על כל ‖ קרבן עולה עולה ‖
שנת אבשלום בני.

Ascoli № 26 (vom Jahre 846, mit den Ergänzungen).

הציון הלז הוקם על קבורת נתן בן אפרים איש
מכובד ובעל חכמה בבית הישיבה ומנהיג דורו
כמשה במצרים נותן לקטנים ולגדולים ימצאוהו
בכל עתין קוי לו בשמחה פנים וראש השנה עמד
להתפלל (בעד עמו) בעל מעשי טובות מת מבן
שבעים וארבעה שנים בשנת שבע מאות ושבעים
ושמנה שנה לחרבן בית המקדש הקדוש שיבנה
בימינו ובימי כל ישראל אמן.

des Verses sehr interessant, obwohl sie zunächst den Eindruck einer späteren ungeschickten Correctur macht.

Ascoli № 31 (vom Jahre 1827).

הלא אליכם כל עוברים ושבים קראו במות עלם
פה הרגיע כלב בשנתו בקשו עמו רחמים מלפני
יוצרו כדי שתתרחמו לפני יוצרכם כי מת מבין
שלש ועשרים שנה מלפני בנים בשנה ארבעת
אלפים וחמש מאות ושמונים ושבע שנה לבריאת
עולם שבע מאות וחמישים ותשע שנה לחרבן
בית המקדש.

Firkowitsch № 73 (angeblich vom Jahre 792 n. Chr.).

זאת האבן הנצבת על קבורת ההולך בדרך ישרה
זקן ‖ ונשוא פנים בתוך עדה ‖ ברורה
עובד עבודת בית ‖ אלהים בקר וערב תדירה
ושמו ר׳ נחמו המשכיל הענו
בכר יהודה והיתה פטירתו
ביום א׳ כד תשרי שנת
אותך קכה ליצירה
10 לפק נבע

Ascoli № 32 (vom Jahre 838).

הציון הלז על קבר נוטרי בן יאיים שמת מבן עשרים וחמשה שניס יבוא שלום וינוח על מנוחתו ותהא נפשו צרורה בצרור החיים סליחה וכפרה תהא מיתתך על כל עוונותיך משחרב הבית שבע מאות ושבעים שנה שיבנה בימינו ובימי כל ישראל אמן.

Ascoli № 33 (vom Jahre 810).

זכר למלכה לברכה פה הרגיעה מלכה אשת חיל עטרת בעלה יראת שמים שמתה בת ששים ושתים שנה והשנה היתה שבע מאות וארבעים ושתים שנה לחרבן בית המקדש הק שיבנה בימי כל ישראל נפשה תהא צרורה בצרור החיים ונשמתה לחיי העולם ועצמותיה כדשא תפרחנה ונשמתה (?) שמורה לחיי העולם הבא אמן מלכה בת....

Hier einige kurze Andeutungen zum ersten Firkowitsch'schen Epitaph. Das zweite später sein sollende hat nur den Reim und die spätere Datirungsart.

Z. 1. אבן שלמה וצדק — aus Deut. XXV, 15, zusammengewürfelt mit צדק ילין בה Jes. I, 21, und beides in spielender Weise auf den Grabstein angewendet.

Z. 2. בסדר — Anspielung auf den in der Synagoge verlesenen Wochenabschnitt Chajje-Sarah, aus welchem das in Z. 2—3 Folgende entnommen ist; eine solche Bezeichnung verräth für jeden Kenner der jüdischen Literatur ihre späte Abkunft ganz deutlich.

Z. 4—5. רועה אבן השכל — aus רעה אבן ישראל (Gen. XLIX, 24) spielend umgemacht, wird kaum vor der spanisch-arabischen Zeit gebraucht worden sein; dazu noch die weitere Spielerei הבן אבן (der Sinn ist wohl: «Begreife! הָבֵן, dieser Stein übertrifft an Werth Alles!»).

Z. 6. Den Familiennamen בכשי (nachzutragen Altjüd. Denkmäler p. 264) kann Chwolson beim besten Willen nicht früh nachweisen (Col. 488).

Z. 7—8. על כל קרבן עולה «übersteigt (d. h. übertrifft an Werth) jedes Ganzopfer»; es ist hier auf die doppelte Punctirungsweise des Wortes עוֹלה abgesehen.

Z. 9. Die Bezeichnung des Datums שנת אבשלום braucht nur hervorgehoben zu werden, um jedem unpartheiischen Gelehrten als Product einer späteren Zeit einzuleuchten. Höchst wahrscheinlich ist das Wort אבשלום

In den Klageliedern Jeremiah's liest unsere Handschrift (auf unserer Tafel IV[a]): II, 3: דרך קשתו אויב הציב ימינו צר (es spannte seinen Bogen der Feind, es stemmte seine Rechte der Widersacher); daselbst II, 4: ויבער ביעקב אש להבה אכלה מסביב; daselbst Vers 6: וירעץ בזעם אפו (er zerschmetterte in seinem Zorne, vgl. Exod. XV, 6, Judic. X, 8); daselbst Vers 7: מגן מקדשו (er lieferte aus sein Heiligthum, vgl. Genes., XIV, 20, also parallel zu dem darauf folgenden הסגיר); daselbst Vers 8: חרץ ה' להשחית (Gott beschloss zu zerstören); daselbst Vers 10: ישבו לארץ וידמו זקני בת ציון. Wie jeder Kenner leicht einsieht, haben diese Lesarten, sobald die Genuinität der Handschriften bestätigt sein wird, eine wichtige Bedeutung für die Geschichte des Textes.

Am Schlusse der Klagelieder befindet sich eine von anderer Hand und mit anderer Dinte geschriebene nachbiblische Elegie auf die Zerstörung Jerusalems, welche, so weit mir bekannt, in keine liturgische Elegiensammlung zum neunten Ab (die sogenannten קינות לתשעה באב) aufgenommen ist.[1] Der Autor, Jacob ben Isaak (יעקב בן יצחק'), dessen Name akrostichisch bezeichnet ist, gehört vorläufig auch zu den Unbekannten. Die Elegie befindet sich auf Columne 3 — 4 des Pergamentfelles (Tafel IV[b]; wegen der Undeutlichkeit der Schriftzüge war die photographische Aufnahme derselben unmöglich), aber auf der vierten Columne konnte ich jetzt nur ein ק am Anfang der ersten Zeile erkennen, welches als Schluss des Namens יצחק' im Akrostichon diente; von anderen Wörtern und Buchstaben sind nur noch Spuren zu sehen. Der lesbare Theil der Elegie am Schlusse der dritten Columne (Zeile 20—28) lautet wie folgt:

---

deshalb zum Datum hier gewählt, weil die ersten zwei Buchstaben den Anfang vom Eigen- und Familiennamen des Verstorbenen אברהם בכשי bilden und die Fortsetzung das Wort שלום (Friede) ausmacht (schwerlich אברהם בן שלום). Das zweite Wort בני dagegen wird als müssiger Ballast nachgeschleppt.

Von allen diesen Kennzeichen der späteren Zeit hat Chwolson offenbar keine Ahnung, und nur die Datirungsart berührt er, da ich von den Chronostichen schon handelte, sucht aber die begründeten Bedenken durch ein Beispiel zu beschwichtigen, welches wiederum nichts beweist, wie ich anderwärts zeigen werde. Bei seiner höchst tendenziösen, oft genug geradezu irreleitenden Behandlungsweise der Krim'schen Denkmäler würde sich Chwolson wohl gehütet haben, so verschiedenartig stilisirte Schriftstücke in Parallele zu bringen, wenn er von dieser Verschiedenheit nur die leiseste Ahnung gehabt hätte. Ein besseres Argument gegen die Genuinität der Firkowitsch'schen Falsificationen und ein eclatanteres testimonium für die Urtheilsfähigkeit Chwolson's in Sachen der jüdischen Literatur da, wo er in seinen Vorlagen nichts findet und eine selbstständige Meinung äussern will, könnte nicht leicht aufgestellt werden! Dieses Beispiel steht übrigens im Chwolson'schen Buche keineswegs vereinzelt da, wie dies anderwärts nachgewiesen werden wird.

1) Der oben (p. 1) erwähnte Herr, der das Fragment auf längere Zeit nach dem Auslande geführt hatte, hat ebenfalls diese Elegie, aber ungenau, gelesen. Ebenso haben die jetzigen Eigenthümer die Schrift gleich entziffert, denn X schrieb mir bei der zweiten Sendung, aus welchen biblischen Büchern die lesbaren Fragmente entnommen seien. Das Verdienst der ersten Entzifferung gehört also denjenigen, welche zuerst die Handschriften in Südrussland in Händen hatten. Uebrigens habe ich diesen Punct nicht untersuchen können, denn die Correspondenz der jetzigen Besitzer der Handschriften mit dem oben genannten Herausgeber der jüdischen Zeitschrift ist mir unzugänglich. In meiner Entzifferung war ich von diesen Herren unabhängig.

י רושלים הקדוש[ה] איך ירדת פלאים
ע יני תרד על שברך פלגי מים
ק ינה נשאו עליך כל רועיך
ב דמע[ות] יזכרוך כל א[וה]ביך
ב זכרי את ירושלים
ג גרה עיני מים
י ד אלהי נג[עה] בך
צ ר כניך בא בארמנך
ח טא חטאה ירושלים
Col. 4 ק.....

Die Sprache der Elegie ist rein hebräisch, übrigens sind die Ausdrücke zumeist aus dem vorangehenden Buche der Klagelieder entlehnt. Da diese Elegie gereimt ist und den Namen des Autors akrostichisch bezeichnet, was man in der neuhebräischen Poesie zuerst bei Jannai, dem Lehrer Elieser Kalir's, antrifft, (etwa in der zweiten Hälfte des VIII. oder am Anfange des IX. Jahrhunderts), so wird unser Autor wahrscheinlich später gelebt haben. Dagegen lässt sich vorläufig ein terminus ad quem weder aus der Elegie noch aus anderen Momenten für unsere Handschriften bestimmen. Leider ist diese Elegie, welche mit sehr blasser Schreibessenz geschrieben war, während des Versuches zur photographischen Aufnahme noch undeutlicher geworden und jetzt kaum zu bemerken.

III.

Zur Frage über die Echtheit der Handschriften.

Obwohl die Präliminarien zur Beurtheilung und Abschätzung des inneren Werthes der in Rede stehenden Handschriften, soweit dieselben mir bekannt geworden, im Vorhergehenden auseinandergesetzt worden sind, und die beigegebenen Tafeln in Lichtdruck die Schriftart und die äussere Beschaffenheit mehrerer dieser Handschriften deutlich veranschaulichen, so dass der kundige Leser fast alle mir zu Gebote stehenden Daten zur Lösung der Frage über die Echtheit selbst besitzt, so will ich trotzdem auch meinerseits dieser schwierigen Frage nicht ausweichend aus dem Wege gehen. Nur muss ich von vorne herein erklären, dass ich mich keineswegs für competent halte, diese Frage allseitig und definitiv zu entscheiden, denn dazu gehören verschiedene technische Kenntnisse in Betreff der Verfertigung des Pergaments (oder des Leders) und seiner Conservirung unter verschiedenen Umständen, in Bezug auf die Dinte und andere Schreibmaterialien in den verschiedenen Epochen und Ländern u. dgl.

Aus diesem Grunde will und kann ich nicht die Rolle eines kategorischen Vertheidigers der Echtheit der von mir in Bezug auf die Schrift untersuchten Handschriften übernehmen. Vielmehr werde ich das pro und contra in dieser Frage unpartheiisch abwägen und die bei mir von Anfang an erwachten Zweifel, die zum Theil mich noch jetzt quälen, offen darlegen, in der Hoffnung, dass sie bald ihre Erklärung finden werden.

Man wird es ganz natürlich finden, dass in einer Zeit, wo in Folge des Auftretens von Firkowitsch, Schapira und Consorten, die Luft, so zu sagen, mit krimisch-palästinisch-moabitischen Fabricationen und Fälschungen dicht geschwängert ist, der erste Eindruck bei der Kunde von dem neuen Funde durchaus ungünstig sein musste. Dazu kam noch der Umstand, dass ich bis dahin selbst Veranlassung genug gehabt hatte, massenhafte Falsificationen aufzdecken, deren Urheber und die hartnäckigen, keine Mittel scheuenden Vertheidiger der letzteren zu bekämpfen und zu entlarven, was mich desto vorsichtiger stimmte. Auch waren die ersten Fragmente, die mir zugesandt wurden, nicht gerade dazu angethan, um Vertrauen einzuflössen. Von den vier Fragmenten, die ich in Händen hatte (Taf. IV[a], V[a-e]), war eins, wie es mir damals schien, mit einer Art Fett durchtränkt, worauf man nur wenige Schriftzeichen mit Mühe entziffern konnte (dasselbe konnte nicht photographisch reproducirt werden); ein anderes hatte eine scheinbar geflissentlich rauh gemachte Oberfläche; ein drittes sah wie ein Palimpsest aus, und waren sie alle recht schlecht lesbar. Und da, wie oben

bereits bemerkt, der Zustand meiner Augen mir zuerst keinesweges erlaubte, mit Entzifferung schwer lesbarer Schriftzeichen mich zu befassen, so verhielt ich mich einige Zeit gegen die neuentdeckten Handschriften abwehrend und schrieb sogar den Eigenthümern, die wegen Erwerbung der übrigen Fragmente mich befragten, dass die Sache mir verdächtig vorkäme, und dass sie mit dem Ankaufe bis zu meiner nächsten positiven Antwort warten möchten. Auf welche Weise sich meine Meinung in Betreff der Handschriften allmählich änderte, und der Argwohn einem weit günstigeren Eindrucke Platz machen musste, ist oben im Anfange dieses Berichts erklärt, wo aber auch zugleich bemerkt worden ist, dass mir noch Vieles in dieser Angelegenheit wenn nicht verdächtig, so doch räthselhaft bleibt. Im Folgenden will ich zunächst auf das Sonderbare in der äusseren Geschichte der Auffindung hinweisen, um dann auf die inneren Schwierigkeiten überzugehen und den Versuch einer Erklärung darzulegen.

1) Klingt die Erzählung des Matrosen von der Auffindung der Handschriften durch seinen Vater während einer Feuersbrunst etwas romanhaft, und man könnte geneigt sein, in dieser Erzählung die Absicht zu erkennen, das Factum uncontrolirbar zu machen.

2) Ist es unbegreiflich, warum der Matrose bis zum vorigen Jahre, also im Verlauf von beinahe dreissig Jahren (nach seiner eigenen Zeitbestimmung), die Sache verheimlicht hat, und weshalb er im vorigen Jahre sich veranlasst sah, sein Geheimniss bekannt zu machen, und zwar in Südrussland und nicht in seiner Heimath.

3) Erregt auch die Erzählung von der Auffindung der Handschriften auf der Insel Rhodus, in der Stadt gleichen Namens, gerechtes Bedenken, denn diese Insel gehört keineswegs zu den weit abgelegenen Schlupfwinkeln des Erdballs, da dieselbe sich auf der noch jetzt sehr belebten Strasse zwischen Constantinopel und Kleinasien, Palästina, Aegypten u. s. w. befindet (vgl. z. B. Bädeker, Palästina und Syrien 1880, p. XXXI ff.), so dass die Existenz einer bis jetzt ganz unbekannten Schriftart daselbst sehr unwahrscheinlich ist. Auch die Judenschaft dieser Insel, welche von Alters her bis in die allerneueste Zeit als Judensitz bekannt ist, gehört nicht zu den verborgenen und versteckten Stämmen und Geschlechtern, die etwas Ungeahntes und Unbekanntes in ihrem Schoosse bergen könnten, wie aus der folgenden kurzen Quellenübersicht, die übrigens keineswegs auf Vollständigkeit Anspruch macht, zur Genüge erhellen wird.

Aus dem ersten Makkabäerbuche (I, 15, 23) erfahren wir, dass schon um 140 v. Chr. Juden auf der Insel Rhodos wohnten; indessen ist es zweifelhaft, ob das im Jerusalemischen Talmud und im Midrasch genannte רודום diese Insel oder einen Ort in Palästina bezeichne[1]). Der Nachricht der Byzantiner, dass während der arabischen Eroberung der Insel (653?) ein Jude die Reste vom berühmten Kolosse gekauft und auf 900 Kameele laden gelassen habe, wird hinzugefügt, dass jener Jude aus Emesus gewesen sein soll[2]).

---

1) Vgl. Hirschensohn, שבע חכמות שבתלמוד, Lemberg 1883, S. 226.

2) Vgl. Muralt, Chronographie Byzantine I, 299, 709; Hammer, Geschichte des osmanischen Reiches II, 191; Weil, Geschichte der Chalifen I, 160, Anmerkung 2, wo die verschiedenen arabischen Angaben über die Zeit der Eroberung zusammengestellt sind; Berg, die Insel Rhodus I, 54, schreibt nach Paulus Diaconus 656.

Im XII. Jahrhundert fand der bekannte Reisende Benjamin von Tudela in (der Stadt) Rhodus 400 Juden[1]). Ob Ibn-Esra in Rhodus war, ist noch zweifelhaft; (vgl. weiter unten). Dagegen stammten höchst wahrscheinlich die Tosafisten Joseph aus רדום und Salomo aus רודוש oder רודש aus Rhodez in Südfrankreich[2]), ebenso ein anderer Salomo aus רודיש im XIV. oder XV. Jahrhundert[3]). Ueber eine schlecht verbürgte Nachricht auf Rhodus im Jahre 1472 s. weiter unten, jedoch unterliegt es keinem Zweifel, dass um diese Zeit eine gewisse Anzahl Juden dort ansässig war, wie aus den folgenden Zeugnissen erhellt.

Zur Zeit der ersten Belagerung der Hauptstadt der Insel durch die Türken unter Mahmud (Mohammed) II., im Jahre 1480, hat die belagernde Armee unter der Anführung von Mesich-Pascha zuerst den niederen, von Juden bewohnten Stadttheil angegriffen, bei welcher Gelegenheit, nach der Erzählung der dortigen Juden, sich ein Wunder zugetragen haben soll. Als nämlich die Türken schon in die Stadt eingedrungen waren und Alles niederzumetzeln begonnen hatten, rückten sie bis zur Thür der Synagoge vor, wo sie aber plötzlich in Verwirrung geriethen, die Flucht ergriffen und sich gegenseitig niedermachten[4]).

Der in der ersten Hälfte des XVI. Jahrhunderts schreibende Rabbiner von Kandia (Kreta) Elia Kapsali handelt in seinem handschriftlichen Geschichtswerke, דבי אליהו betitelt, auch von den zu seiner Zeit in Rhodus ansässige Juden. Unter den von M. Lattes aus diesem Buche veröffentlichten Auszügen[5]) befindet sich die Erzählung, dass nach der Niederlage der Türken beim Angriffe auf die Stadt (1480) und nachdem der Papst den Grossmeister (גראן מאי שטרו, Gran Maestro, d. h. Pierre d'Aubusson) der Johanniter für diesen Sieg mit dem Kardinalshut (קפילו, cappello) belohnt hatte, letzterer seinen grossen Eifer für die christliche Religion durch gewaltsame Bekehrung der dortigen Judengemeinde zum Christenthum an den Tag legen wollte. Nach vielen Leiden und Verfolgungen haben mehrere Juden die Zwangstaufe angenommen, andere gaben sich freiwillig

---

Nach Abulfarag' Barhebräus (Historia Dynast. ed. Pocock, p. 99) soll schon Chosru Anuschirwan (532—579) alles ‚was von schönen Marmorsäulen und sonstigem Tempelschmuck auf der Insel Rhodus vorhanden war, nach seiner Hauptstadt Madain zur Verschönerung derselben haben bringen lassen; vgl. Ritter, Erdkunde von Asien X, 171.

1) Travels of Benjamin of Tudela, ed. Asher, London 1840, Text p. 25. Bei Graetz (Geschichte der Juden B. VI, 1871, p. 263) ist das Wort ebensoviel nicht auf die unmittelbar vorangehende Zahl (300), sondern auf die Zahl von der Insel Chios (400) zu beziehen.

2) Siehe תוספות ניטין 49[a] (Schlagwort ועוד מאי); Zunz, zur Geschichte und Literatur, p. 55; Renan (Neubauer), Les rabbins français in dem B. XXVII. der Histoire littéraire de la France, p. 441.

3) Vgl. Steinschneider, Catalog der hebräischen Handschriften in München, p. 157, Anmerkung 1.

4) Berg, die Insel Rhodus, Braunschweig 1862, I, 139—143. Carmoly, Itinéraires de la terre sainte, Bruxelles 1847, p. 539. R. Obadiah Bertinora im «Jahrbuch für Geschichte der Juden», B. III, Text p. 200, deutsche Uebersetzung p. 232—33. Auch Hammer (Geschichte des Osman. Reiches, II, 202—205) berichtet, dass der türkische Pascha seinen Angriff auf das Judenviertel gerichtet habe; er erklärt nüchtern das Misslingen des Sturmes daraus, dass den türkischen Soldaten zu plündern verboten war.

5) Vgl. לקוטים שונים מס' דבי אליהו, De vita et scriptis Eliae Kapsalii etc., cura et studio M. Lattesii, Patavii 1869, p. 46—48.

den Tod oder wurden zu Sklaven gemacht, und die Synagoge wurde geschlossen. Die Sklaven wurden jedoch durch den Sultan Soliman, bei seiner Eroberung von Rhodus (1522), in Freiheit gesetzt, auch die Getauften kehrten zum Judenthum zurück[1]).

Im Jahre 1487, zur Zeit der Durchreise Bertinora's, lebten in Rhodus blos 22 Familien, welche streng rabbinisch fromm waren, und deshalb kein Fleisch und keinen Wein genossen, weil sie dieselben nicht nach jüdischem Ritus zubereiten konnten[2]).

Im Jahre 1522 (so ist wohl diese Jahreszahl statt 1502 zu berechnen, vgl. weiter unten) errichtete der reichbegüterte Rabbiner Samuel Amato eine grosse Synagoge in Rhodus, welche bis zur grossen Pulverexplosion vom Jahre 1856 bestanden hat[3]).

Im XVI. Jahrhundert wird ein Rabbiner Chajim Basan aus Rhodus erwähnt[4]).

Ungefähr um 1570 wurde ein jüdischer Arzt Daud (David), der Gegner von Joseph Nassi, Herzog von Naxos, vom Sultan Selim II. nach Rhodus verbannt[5]), welche Insel seit der türkischen Herrschaft öfters als Verbannungsort für politisch missliebige Personen diente.

Im Jahre 1593 baute ein reicher Mann, Raphael Margola, eine zweite Synagoge[6]).

Im XVII. Jahrhundert war R. Ezra Malki, Schwager des R. Chizkija de Silva (Verfasser des פרי חדש), Rabbiner in Rhodus[7]).

Im Jahre 1641 war in Rhodus der karäische Palästina-Reisende Samuel b. David Jeruschalmi und fand dort zwei rabbanitische Synagogen[8]).

In der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts war R. Mose de Busalu Rabbiner in Rhodus[9]).

Im Anfange des XVIII. Jahrhunderts fungirte dort als Rabbiner Mose Israel[10]), aus dessen Gutachten (I, NN. 22—23) wir unter anderem erfahren können, wenn dieses überhaupt zweifelhaft wäre, dass die dortigen Juden ihre Thora-Rollen ganz wie die Juden aller übrigen Länder zu schreiben pflegen.

---

1) Der Herausgeber (ibid. p. 114, Anmerkung 77) verweist zur Bestätigung auf Jac. Fontanus (De bello Rhodio, lib. II), wo es heisst: Judaeos vel quadraginta annos renatos ad Mosem redire compellebat; aber aus dem unparteiischen Reiseberichte Bertinora's kann man ersehen, dass Kapsali's Erzählung an Uebertreibung leidet.

2) Jahrbuch, ibid. Text p. 201, Uebersetzung p. 233, (wo Wein statt Brod zu lesen).

3) Nach dem Berichte des Rabbiners Raphael Isaak (Stern's Uebersetzung von «Nach Jerusalem» ירושליטה, Wien 1859, p. 82) soll diese Synagoge die erste in Rhodus gewesen sein; aber oben sahen wir, dass schon 1480, zur Zeit der türkischen Belagerung, eine solche existirt hatte. Aus diesem Grunde glaube ich, dass dem Rabbiner die Zahl 1502, irrthümlich statt 1522, des Jahres der Befreiung der jüdischen Bevölkerung durch Soliman, überliefert worden ist. Die in diesem Jahre errichtete Synagoge würde in diesem Falle die erste nach dem neuen Aufschwunge der Judengemeinde in Rhodus und deren Vergrösserung durch neue Einwanderer gewesen sein.

4) Gutachten des Mose Trani (מביט) II, 112; Conforte קורא הדורות ed. Cassel, f. 37a.

5) Vgl. Grätz, Geschichte der Juden IX, 392.

6) Der obenerwähnte Bericht des Rabbiners Raphael Isaak.

7) Asulai, שם הגדולים, ed. Benjacob, II, 81.

8) Gurland, Neue Denkmäler (נגזי ישראל) I, 3.

9) Verfasser der Schrift ישמח משה, Smyrna 1680.

10) Verfasser der Rechtsgutachten משאת משה, Constantinopel 1734—36, und משה ידבר, Salonichi 1827.

Im XVIII. Jahrhundert wird auch R. Jedidja Tarico, Autor mehrerer rabbinischer Schriften, als rhodischer Rabbiner erwähnt[1]).

Im Jahre 1764 besuchte die Insel der Palästina-Reisende R. Simcha ben Josua aus Brahilow und fand, dass die dortigen Juden grössere Freiheit als ihre christlichen Mitbürger genossen[2]), was auch für dieses Jahrhundert Berg bestätigt[3]).

Dagegen fand hier im Jahre 1840 von Seiten der Griechen eine sogenannte Blutbeschuldigung der Juden statt[4]).

Im Mai 1856 besuchte die Inselstadt der bekannte Wiener Schriftsteller und Poet Dr. Ludwig August Frankl, der die Zahl der Juden (nach Hörensagen) auf 500 angiebt[5]). Nach der Beobachtung Berg's dagegen[6]), der sich in Rhodus lange aufhielt und die ausführlichste deutsche Beschreibung der Insel lieferte, soll ihre Zahl 1000 betragen. Der letztere Schriftsteller meldet, dass die dortigen Juden grösstentheils spanischer Abkunft seien, ihre Vorfahren hätten hier eine Zuflucht vor den Verfolgungen der spanischen Inquisition gefunden; ihre Sprache ist ein sonderbares Gemisch aus spanischen, hebräischen, türkischen und griechischen Wörtern; sie schreiben hebräisch, und das Hebräische wird in ihren Schulen gelehrt[7]).

Am ausführlichsten sind die Mittheilungen, welche der Rabbiner Raphael Isaak aus Rhodus im Jahre 1858 in Wien machte, wohin er kam, um für die in Folge der Katastrophe vom Jahre 1856 herabgekommene Gemeinde zu collectiren[8]). Nach seinem Berichte sollen die Juden in Rhodus seit 386 (336?) Jahren[9]) wohnen und seien sie dahin aus Salonichi gekommen, und zwar durch die Protection eines Schmiedes Abraham, welcher bei der Eroberung der Stadt dem Sultan Selim (l. Soliman?) mit Rath beigestanden und daher vom Sultan die Erlaubniss erhalten hätte, seine Glaubensgenossen zur Uebersiedelung

---

1) Er verfasste die Werke אמר ידיד בן ידיד, (beide scheinen ungedruckt zu sein, vgl. Benjacob, Thesaurus libr. hebr. s. v.), חלקו של ידיד, Salonichi 17 und קשת ידיד (wohl ungedruckt, fehlt bei Benjacob, ibid.); sämmtlich citirt in R. Raphael Isaak's Bericht.

2) Vgl. seine Reisebeschreibung unter dem Titel אהבת ציון, Grodno s. a., p. 12 (dieser Reisende ist nachzutragen bei Zunz, Geographische Literatur der Juden, im I. B. der gesammelten Schriften, Berlin 1875).

3) Berg, die Insel Rhodus, II, 27.

4) Siehe die Zusätze zu שארית ישראל s. l. e. a. (Königsberg 1858) p. 144; Jost, Neuere Geschichte der Juden II, 351; Grätz, Geschichte der Juden XI, 518.

5) L. A. Frankl, Nach Jerusalem, Leipzig 1858, I, 273.

6) Die Insel Rhodus II, 27; diese Nachricht stimmt ungefähr zu dem weiter unten erwähnten Berichte des Rabbiners Raphael Isaak aus Rhodus, der die Zahl der dortigen jüdischen Einwohner auf etwa 300 Familien angab.

7) Berg, a. a. O. II, 28.

8) Ich entlehne diesen Bericht der hebräischen Uebersetzung der Frankl'schen Reisebeschreibung «Nach Jerusalem» (die Uebersetzung von M. Stern ist betitelt ירושליימה und 1859 in Wien gedruckt), wo p. 82 gesagt ist, dass der Verfasser diesen Bericht nach dem Drucke seines Werkes bekommen habe. Da mir der zweite Theil des deutschen Originals jetzt nicht zugänglich ist, so weiss ich nicht, ob dieser Bericht dort aufgenommen ist, was ich übrigens vermuthe.

9) Es muss hier im Originale ein Fehler statt 336 (1522+336=1858) sich eingeschlichen haben, obwohl das Datum in der Uebersetzung durch Zahlwörter ausgedrückt ist (זה שלש מאות וששה ושמונים שנה). Auch im Verlaufe der Erzählung, wo von einer 1502 errichteten Synagoge die Rede ist, muss wahrscheinlich die Zahl 1522 corrigirt werden, es sei denn, dass der Rabbiner sich einen grossen Anachronismus zu Schulden kommen liess; vgl. die folgende Anmerkung.

nach der Insel aufzufordern. Anfangs kamen jedoch nur arme Leute aus Salonichi, nach und nach auch aus Smyrna, Constantinopel, Jerusalem und anderen Orten. Bei der ersten Synagoge, die im Jahre 1502 (l. 1522?) durch den Rabbiner Samuel Amato erbaut worden, wurde auch eine Talmudschule (בית תלמוד) errichtet, zu welcher nachher noch fünf hinzukamen[1]). Die dortigen Juden (berichtet er ferner) sind im Besitze einer grossen Büchersammlung, welche in Kisten (oder Schränken, בארונות) aufbewahrt wird, weshalb dieselbe bei der Feuersbrunst leicht gerettet werden konnte. Handschriften dagegen besitzen sie keine. Was den Culturzustand (באורה השכלתם) anbetrifft, so unterscheiden sich die Juden von Rhodus durch nichts von allen anderen orientalischen Juden.

Die Nachrichten des Rabbiners sind in einigen Puncten unrichtig, denn, erstens, haben Juden bereits im Alterthume, zur Makkabäerzeit, und im Mittelalter, zur Zeit des Reisenden Benjamin, die Insel bewohnt. Zweitens, wenn der Rabbiner wirklich die Jahreszahl 1472 (1858 — 386 = 1472) für die neue Ansiedelung der Juden nach der mohammedanischen Eroberung angegeben und dabei den Namen des Sultan Selim genannt hat, so würde er einen argen Anachronismus begangen haben, denn zu jener Zeit haben weder die Türken die Insel erobert, noch hat damals Selim I. regiert[2]). Indessen ist quellenmässig die Continuität bis zur Zeit Mohammed's II. vorläufig nicht nachweisbar, und die Möglichkeit ist vorhanden, dass zwischen dem XII. und XV. Jahrhundert die Juden aus Rhodus vertrieben und nachher wieder zurückberufen wurden, was doch im Mittelalter etwas Gewöhnliches war[3]). Jedenfalls ist kein Grund vorhanden, die Angaben des Rabbiners über die Juden seiner Heimath für die neue und neueste Zeit zu bezweifeln, um so mehr, als diese Angaben sich meistentheils, wie ich zu beweisen im Stande bin, aus anderen Quellen bestätigen lassen.

In diesem letzten, ziemlich ausführlichen, Berichte findet sich gar keine Spur von der Existenz, wenn auch in der vergangenen Zeit dieser Insel, irgend welcher eigenartigen Juden mit einer originellen Schrift und abweichenden Religionsgebräuchen, wobei noch das Vorhandensein von jüdischen Handschriften in Rhodus überhaupt entschieden verneint wird. Dasselbe kann man auch in Betreff der anderen Berichte bis zum Ende des XV. Jahrhunderts und sogar bis zur Zeit Benjamin's hinauf, sagen, dass sie nämlich die rhodischen Juden als echt rabbinische erscheinen lassen, die natürlich keine andere Schrift für die heiligen Bücher als die Quadratschrift gebrauchten und die Esther-Rolle auf keine andere als auf die durch rabbinisch-gesetzliche Vorschriften bestimmte Weise niederschreiben konn-

---

1) Weiter unten ist indessen von sieben Talmudschulen die Rede (שבעה חדרי תלמוד); wahrscheinlich befindet sich eine an der zweiten im Jahre 1593 durch Raphael Margola erbauten Synagoge.

2) Bekanntlich regierte Sultan Mohammed II. 1451—1481 (unter ihm fand 1480 die oben erwähnte Belagerung statt), Bajazid II. — 1481—1512, Selim I. — 1512—1519, Soliman II. — 1519—1566 (unter ihm wurde die Insel 1522 erobert).

3) Carmoly, Itinéraires etc., p. 539, Anm. 44 schreibt: Les juifs qui furent dans touts les temps très-nombreux à Rhodes u. s. w. Da er aber keine Quellen angiebt, so kann man nicht wissen, ob er solche für den bezeichneten Zeitpunct gehabt habe.

ten. Es wäre sonst aus den jüdischen Quellen bekannt geworden, dass es auf dieser Insel solche ketzerische Juden gäbe, welche sogar die (nach talmudischer Behauptung) von den Propheten eingeführte Finalform der Buchstaben מ נ צ פ ך nicht gebrauchen. In diesem Falle hat das argumentum a silentio doch keine geringfügige Bedeutung.

4) Von dem sonderbaren äusseren Aussehen der Pergamentfelle und der Dinte (oder der anderen Schreibessenz) war schon oben die Rede.

5) Die Schriftzüge in unseren Handschriften bieten, wie wir sehen, theils ältere (im Vergleiche mit der gewöhnlichen Quadratschrift) theils spätere Formen; dieselben können mit keiner bis jetzt bekannten hebräischen Schriftart der verschiedenen Länder verglichen werden. Wenn auch diese letzten Merkmale nicht geradezu gegen die Echtheit der Handschriften sprechen, so dienen sie jedenfalls dazu, die anderen Verdächtigungsgründe zu verstärken.

Dies die Hauptmotive, die mich anfangs veranlassten, den neuen Fund zu verdächtigen, und die noch bis zur Stunde mir Schwierigkeiten bereiten, da ich nicht im Stande bin, dieselben auf eine ganz befriedigende Art zu erklären.

Andererseits aber stellen sich der Annahme einer neuesten Fabrication à la Schapira nicht mindere, ja noch bedeutendere Schwierigkeiten in den Weg, wenn man nur folgende Momente in Erwägung zieht:

1) Die Fälschung einer so grossen Anzahl von Handschriften, die von verschiedener Hand geschrieben und in verschiedenem Zustande sich befinden, so dass in manchen Zeilen der beschädigten Pergamente bald ganze Wörter, bald einzelne Buchstaben oder sogar Theile von Buchstaben mit Mühe zu entziffern sind, ist schon an und für sich, wenn nicht geradezu unmöglich — eine solche kategorische Versicherung könnte nur ein geübter Fälscher geben —, doch höchst unwahrscheinlich.

2) Ich habe mehreren, mit Handschriften gut vertrauten, Gelehrten diesen neuen Fund gezeigt (unter anderen einem gelehrten Freunde, der seit 25 Jahren alle grossen Bibliotheken Europa's und mehrere morgenländische Sammlungen gut kennt und einer der ersten war, der die Schapira'schen Falsificationen erkannte und entlarvte); dieselben betrachten ihn als genuin und zweifeln nicht an seiner Echtheit. Ich will übrigens nicht verschweigen, dass zwei hiesige Gelehrte, bei der Ansicht von 3 oder 4 Pergamentfellen, Zweifel an der Echtheit derselben äusserten, und zwar motivirten sie dieselben durch den Eindruck, den das sonderbare Pergament und die sonderbare Schreibessenz auf sie machten. Eines solchen eigenthümlichen Gefühls kann man sich wirklich beim ersten Anblick einiger unserer Fragmente nicht erwehren. Dieser Eindruck schwindet aber, wenn man die ganze Masse verschiedenartig gestalteter Bücher und Fragmente vor Augen hat.

3) Wenn es erklärlich wäre, warum der vorausgesetzte Falsarius für seine Fabricate eine alterthümliche Schriftart wählte, so müsste doch wiederum die Thatsache sonderbar erscheinen, weshalb er, der doch, nach mehreren Beispielen zu urtheilen, die althebräische Schrift gut kanne, wiederum mehrere Buchstaben der neueren Quadratschrift ent-

lehnt hätte. Absolut zwecklos und dem vorgesteckten Ziele geradezu schädlich wäre es auch dann gewesen, ganz neue, in der hebräischen Quadratschrift nie dagewesene Buchstabenformen zu erfinden, wie es in unseren Handschriften dann mit den Buchstaben נ ל מ ס ק ש der Fall sein müsste.

4) In unserem materiellen Zeitalter ist doch der gewöhnliche Zweck der Fälscher, manchmal auch der ihrer Vertheidiger, ein pecuniärer, um nämlich ihre Fabricate zu einem recht hohen Preise zu verkaufen, von dem natürlich dem geschickten Anwalt ein gewisses Procent zufällt. Auch treten gewöhnlich die Fälscher mit ihrer Waare in einer reichen Residenzstadt hervor, wo sie die Möglichkeit voraussehen, ihre vermeintlichen Merkwürdigkeiten und Alterthümer reichdotirten Staatsanstalten oder begüterten Privatliebhabern vortheilhaft zu verkaufen. Aber unsägliche, langdauernde Mühe auf Fälschungen verwenden, um nachher mit denselben in einer unansehnlichen südrussischen Stadt aufzutreten und sie gegen billige Oelbilder auszutauschen, — dazu wird sich wahrlich kein «sich und seine Fabricate achtender» Falsarius hergeben. Allerdings hat dieses Argument nur für mich, der zu den jetzigen Eigenthümern Vertrauen hat und die Möglichkeit eines Betruges von ihrer Seite nicht zugeben kann, und für einige andere hier, die mit dem Sachverhalt bekannt sind, eigentliche Beweiskraft; jedoch wollte ich auch mit diesem argumentum ad hominem nicht zurückhalten, um so mehr, da in der kleinen Stadt, wo die Eigenthümer wohnen, weder materielle noch literarische Mittel zu einer so grandiosen Fälschung vorhanden sind. Auch ein anderer Zweck, wie z. B. ein karäisch-patriotischer bei Firkowitsch, ist in unserem Falle undenkbar.

Die Aussage des Matrosen, dass vor dreissig Jahren in Rhodus eine grosse Feuersbrunst stattfand und die Stadt damals ganz zerstört wurde, bezieht sich offenbar auf die Katastrophe vom Jahre 1856 (bis 1883 sind es blos 27 Jahre, welche Ungenauigkeit bei einer Angabe nach dem Gedächtnisse leicht erklärlich ist, um so mehr da der Matrose damals nur zehn Jahre alt war[1]). Der oben erwähnte Reisende, L. A. Frankl, schreibt: «Wir haben nicht ohne Grund es niedergeschrieben: so sahen wir die Stadt am 3. Mai 1856; bald nach unserer Abreise[2]) «stürzte Rhodus unter Feuerflammen», ein ungeheures Pulverdepôt, das noch aus den Zeiten der Johanniter herrührte, und den Türken unbekannt, oder von ihnen vergessen worden war, ging plötzlich in Feuer auf u. s. w. Wie ein kochender Vulcan warf es Hagel von Quadern, Säulen und Bäumen empor, die niederschmetternd Gebäude zusammenbrechen machten und Menschen tödteten u. s. w. Die tobenden Schrecken hörten auf, nur da und dort nachberstendes Krachen — die Stadt war

1) In Betreff seines Alters konnte der Matrose die Personen, mit denen er unterhandelte, doch nicht allzu stark täuschen.

2) Nicht ganz genau, denn die grosse Pulverexplosion fand (nach Berg's Angabe) am 6. November statt, aber noch vorher, am 11.—12. October, war auf der Insel ein Erdbeben, von dem die Stadt gleichfalls gelitten hatte.

ein Trümmerhaufen. Die Ritterstrasse, der Siegesbogen, die Kirche und hundert andere Gebäude, Paläste und Moscheen sind nicht mehr»[1]).

Ausführlich und genau ist die Pulverexplosion mit dem vohergehenden Erdbeben beschrieben von Berg[2]).

Aus dem hier Auseinandergesetzten wird man leicht ersehen, dass die Gründe gegen die Annahme einer Fälschung und somit die für die Echtheit unserer Handschriften keineswegs geringfügig und unbedeutend sind. Wenigstens sehe ich vorläufig nicht ein, wie die eben dargelegten Erwägungen auf einleuchtende Weise beseitigt werden können. Dagegen lässt sich ein guter Theil der oben auseinandergesetzten Verdächtigungsgründe dadurch entkräften, dass wir auf die Erzählung des Matrosen von der Auffindung der Handschriften durch seinen Vater kein Gewicht legen. Es ist doch sehr möglich, dass er selbst die Herkunft der Handschriften, falls dieselben ihm wirklich von seinem Vater zugefallen sind, gar nicht kennt; da man aber, auf meine Veranlassung, in ihn drang, etwas über die Herkunft der Handschriften zu sagen, so wollte vielleicht der gute Mann sich nicht unwissend zeigen und sich keine Blösse geben. Will man weiter gehen und annehmen, dass nicht sein Vater, sondern er selbst die Handschriften gefunden oder entwendet habe, so habe ich auch dagegen keine triftigen Einwendungen vorzubringen. Ferner ist ja die Möglichkeit vorhanden, dass die Handschriften von anderswo her vor längerer Zeit zurück wirklich nach Rhodus gebracht worden sind, wo sie nach der grossen Katastrophe aufgefunden wurden, so dass es nicht absolut nothwendig ist, die Aussage des Matrosen für ersonnen zu halten, vielleicht auch schon geswegen nicht, weil seine Angabe über die Feuersbrunst und Zerstörung von Rhodus, wie wir oben gesehen haben, sich bestätigt, und er vorläufig überhaupt noch bei keiner Unwahrheit ertappt worden ist. Wenn wir ferner das Factum vom Auffinden der Handschriften in Rhodus nach der Pulverexplosion annehmen, so wird uns auch das äussere Aussehen derselben, besonders der Kalküberzug auf mehreren, leicht erklärlich. Dann könnte ebenfalls die dunkele Farbe anderer Pergamentfelle durch eine Auflösung dieser Kalkschicht zusammen mit der Schreibessenz der Schriftzüge und dem Gerbestoffe ihre Erklärung finden.

Aber wie dem auch sei, wir sind für den Ursprungsort der Handschriften natürlich durchaus nicht an die Insel Rhodus gebunden, und es steht uns frei, überall anderswo uns umzusehen. Trotzdem ist die Aufgabe, den Abstammungsort näher zu bestimmen, keineswegs eine leichte zu nennen. Denn die originellen Buchstaben in der neuen Schriftart haben bald mit dem einen, bald mit dem andern Alphabet Aehnlichkeit, wenn auch vorwiegend mit dem althebräischen. Auch sahen wir oben, dass diejenigen, welche diese Schrift und diese Handschriften gebrauchten, weder rabbinische und karäische Juden, noch Samaritaner sein konnten, und dass sie demnach eine Abtheilung des hebräischen Stammes bilden mussten, welche von Alters her isolirt gelebt und eine eigenartige Entwickelung

1) Nach Jerusalem, I, 207—210.

2) Die Insel Rhodus, I, 207—210.

durchgemacht hatte. So weit bis jetzt bekannt ist, befanden und befinden sich noch jetzt zum Theil eigenartige jüdische Gemeinden in China (namentlich in Kai-fung-fu), in Indien (an der Malabarischen Küste, in Cochin, Caranagor u. s. w.) und in Aethiopien; aber von allen diesen Juden, mit denen europäische Reisende schon längst Bekanntschaft gemacht haben, und deren Schriftthum die gelehrte Welt auch ziemlich gut kennt, stammen unsere Handschriften gewiss nicht. Ebenso spricht auch Alles, was wir vom jüdischen Sectenwesen wissen, gegen den Gebrauch der neuen Schrift bei einer der bekannten Secten. Unter solchen Umständen dürfte es nicht gewagt erscheinen, folgende Vermuthung, natürlich sous toutes réserves, auszusprechen.

Auf der Rhodus benachbarten Insel Cypern wohnten Juden bekanntlich auch von jeher, und zwar im Alterthume in reicher Anzahl, so dass sie an den Kämpfen ihrer Stammesgenossen gegen die Römer Theil nahmen[1]). Ueber ihre inneren Angelegenheiten und ihren Culturzustand wissen wir indessen gar nichts. Ganz unerwartet erfahren wir aus zwei literarischen Erscheinungen des XII. Jahrhunderts, dass zu jener Zeit eine, ohne Zweifel alte, Secte noch existirte, von der bis dahin nichts verlautete, eine Secte, — welche statt des Freitagabends den Sonnabendabend feierte, und die auf der Insel Cypern wohnte.

Der Reisende Benjamin von Tudela erzählt nämlich, dass er von Rhodus nach Cypern gegangen sei, wo er eine rabbanitische Gemeinde und eine andere, «cyprische Häretiker» genannte, angetroffen habe. Diese Epicuräer, berichtet ferner der Reisende, werden von den Juden überall (wo sie sich zeigen) in den Bann gelegt; sie verletzen die zum Sonnabende gehörende Nacht und feiern dafür die zu Sonntag gehörende Nacht: ומשם ארבעה ימים לכיפרוס ושם יהודים רבנים וקבוץ עוד יש שם יהודים מינים קפרוסין והן האפיקורסין ישראל מנדין אותן בכל מקום והם מחללין ליל שבת ושומרין ליל ראשון[2]). Man glaubte einst, dass hier Karäer gemeint seien, aber seitdem man die karäische Literatur näher kennen gelernt hat, sah man leicht ein, dass dieses unmöglich sei, denn die Karäer theilen in diesem Puncte ganz die Meinung der Rabbaniten und beobachten den Freitagabend sogar noch viel strenger als die letzteren[3]). Für Karäer passt auch nicht die specielle Benennung «cyprische Häretiker» (מינים קפרוסין).

Auch bei einem Zeitgenossen des Benjamin, der ebenfalls viele Reisen machte, bei Abraham Ibn-Esra, finden wir die Notiz wiederholt, dass es Ketzer gebe, die behaupten, der Sabbath beginne mit dem Sonnabend-Morgen, gegen welche Ansicht der berühmte

---

1) Vgl. Makkabäer I, XV, 23; Flavius, antiquit. jud. XIII, 10, 4; Apostelgeschichte XIII, 5; Dio Cassius LXVIII, 32; Graetz, Geschichte der Juden IV, 125—29; Neubauer, Géographie du Talmud, p. 369; Derenbourg, Histoire de la Paléstine p. 411; Hirschensohn, שבע חכמות שבתלמוד s. v.; Hamburger, Realencyclopädie des Talmuds, hat den Namen Cypern ganz weggelassen.

2) Travels of Benjamin of Tudela, ed. Asher, hebr. Text, p. כה (25).

3) Vgl. die Commentare der Karäer zum Pentateuch des Ahron ben Joseph (מבחר) und des Ahron ben Eliah (כתר תורה) und ihre Gesetzbücher. Sahl ben Mazliach giebt als Grund an, warum er mit den Rabbaniten Freitagabends nicht disputiren könne, weil bei ihnen die Zimmer durch Lichter erleuchtet wären, und kein Karäer solche Zimmer betreten dürfe (Pinsker, לקוטי קדמוניות I, 112. II, 37).

Gelehrte heftig kämpft. In dem 1152—57 verfassten Commentare zu Exodus (XVI, 25) sagt Ibn-Esra, dass viele Ungläubige im Irrthume befangen seien, indem sie behaupten, aus den Worten des Pentateuchs sei die Pflicht zu entnehmen, den Tag und die nachfolgende Nacht des Sabbath's zu feiern u. s. w. (רבים חסרי אמנה השתבשו בעבור הפסוק ואמרו כי חייב אדם לשמור יום השבת והלילה וכו'). Etwas später sah sich dieser Gelehrte sogar veranlasst, eine eigene Schrift diesem Gegenstande zu widmen. In dieser 1158 abgefassten und «Sabbath-Sendschreiben» betitelten Schrift (אגרת השבת) heisst es, dass in neuester Zeit jene erwähnte ketzerische Ansicht in Pentateuch-Commentaren vertreten werde, weshalb ein Sendbote nebst einem Schreiben vom Sabbath selbst dem Verfasser im Traume erschienen sei, worin letzterer aufgefordert worden sei, die rechtgläubige Meinung zu vertheidigen[1]).

Schon vor 43 Jahren bemerkte Rapoport, dass Ibn-Esra wahrscheinlich dieselben «cyprischen Häretiker» im Auge hatte, von welchen Benjamin berichtet[2]), und bis jetzt giebt es noch keine plausiblere Erklärung des eifrigen Auftretens von Seiten Ibn-Esra's in dieser Angelegenheit, das zugleich beweist, dass letzterer nicht etwa gegen eine theoretische Ansicht zu Felde zog, sondern gegen eine reelle Praxis ankämpfte. Die Vermuthung Heilperin's, der auch Grätz beipflichtet, dass nämlich Ibn-Esra's Polemik gegen Samuel ben Meir gerichtet sei[3]), ist schon deshalb unzulässig, weil sowohl im Pentateuch-Commentare, als auch im Sabbath-Sendschreiben es ausdrücklich heisst, dass die Polemik gegen Ketzer gerichtet sei; jedenfalls werden dort solche Ketzer, welche auch in der Praxis ihre Theorie anwenden, hart mitgenommen[4]). Es ist überhaupt noch sehr fraglich, ob Ibn-Esra den Commentar des Samuel zum Pentateuch gekannt hatte; dass er letzteren während der Abfassung seines eigenen noch nicht gesehen hatte, ist fast sicher[5]), Auch erklärt Samuel in seinem Commentare deutlich, dass nur bei der Berechnung der Schöpfungstage der Tag der Nacht vorangestellt sei, während bei der Bestimmung der Zeit zu religiösen Zwecken die Nacht immer dem Tage vorangehe, (z. B. zu Genesis I, 14: ולילים שהרי מצאת הכוכבים עד צאת הכוכבים יום אחד)[6]). Wie konnte also Ibn-Esra, der dem jüngeren Bruder Samuel's (R. Jacob Tam) gegenüber sich höchst

1) Das Sendschreiben ist zuerst von Luzzatto im Kerem-Chemed (IV, 159—173) veröffentlicht worden.

2) Siehe die Anmerkungen zum Benjamin in der Asher'schen Ausgabe II, 56 (wo statt Levit. Exodus 16, 25 zu lesen ist).

3) Graetz, Geschichte der Juden, VI, 195, 416.

4) Der Passus aus dem Commentare ist oben angeführt; im Sabbath-Sendschreiben lautet die betreffende Stelle: וזה הפירוש הזכרתיו כנגד המינים שאינם מאמינים בדברי אבותינו שהשבת מערב עד ערב (Kerem-Chemed a. a. O. p. 171).

5) Siehe Rosin, Samuel ben Meir als Schrifterklärer, Breslau 1880, p. 76, wo dieser Gelehrte, obwohl er Grätz's Meinung annimmt, doch zugiebt, dass diese Auffassung «Ibn-Esra schon früher von anderer Seite vernommen und mit Gegengründen bekämpft» hatte. Auch betont Rosin (daselbst Anm. 2) mit Recht, dass Samuel «weder die von Ibn-Esra angeführte Deutung zu Exodus giebt, noch bei seiner die Halacha nie geradezu angreifenden Auslegungsweise jemals gegeben haben kann». Aber eben deswegen konnte er auch im Sabbath-Sendschreiben nicht Ketzer genannt werden.

6) Commentar des Sam. b. Meir, ed. Rosin 1882, p. 7; die ungenaue Anmerkung 13 daselbst ist in der Zeitschr. בית תלמוד II, 160, und im Magazin IX, 50 vom Autor selbst berichtigt.

demüthig und ehrfurchtsvoll benahm[1]), den Samuel selbst so derb anfahren, einen Ketzer nennen und gegen ihn solche harte Verwünschungen ausstossen, wie: «Möge Gott an ihm Rache nehmen für den (verletzten) Sabbath» (ינקום יהוה נקמת השבת ממנו), «die Zunge dessen, der solche Erklärung laut vorträgt, möge am Gaumen kleben bleiben» (והקורא אותו בקול גדול תדבק לשונו לחכו), «der Arm dessen, der so etwas in der Erklärung der Thora niederschreibt, möge verdorren, und sein rechtes Auge möge verdunkelt werden» (גם הסופר הכותב אותו בפירוש התורה זרועו יבוש תיבש ועין ימינו כהה תכהה[2])?

Demnach bleibt die Erklärung Rapoport's, dass hier die Häretiker von Cypern und ihre Commentare gemeint seien, die einzig annehmbare.

Wenn der Ortsname רודום oder רודם, wo Ibn-Esra einige seiner Werke verfasste, Rhodus bezeichnet, wie früher allgemein angenommen wurde[3]), so hätten wir einen urkundlichen Beweis dafür, dass dieser Gelehrte in der nächsten Nachbarschaft von Cypern verweilte und die unmittelbare Bekanntschaft der dortigen Häretiker und ihrer Schriften machen konnte. In der neuesten Zeit jedoch wird allgemein angenommen, dass unter jenem Ortsnamen Rhodez in Südfrankreich zu verstehen sei[4]). Aber zugegeben auch, dass diese letztere Annahme die richtige sei, wovon ich übrigens noch nicht ganz überzeugt bin[5]), so wird auch sonst der vielgewanderte Gelehrte, der jedenfalls in Italien und Afrika, wahrscheinlich auch in Palästina umherreiste, auch den kleinasiatischen Inseln nahe genug vorbeischiffte, ebenfalls auf seinen Reisen öfters Gelegenheit gehabt haben, von den «cyprischen Häretikern» und ihren Schriften Kenntniss zu erlangen. Diese Bekanntschaft machte vielleicht den Gelehrten sehr empfindlich gegen jede, wenn auch nur rein exegetische, Deutung irgend einer Bibelstelle im Sinne der genannten Schismatiker.

Es ist möglich, dass ein armenischer Annalist den Namen eines dieser cyprischen Hätretiker aus dem X.—XI. Jahrhundert uns erhalten hat. Der um 1132 schreibende Armenier Matheos Urhajetzi (Matthäus aus Edessa) erzählt in seiner Chronik[6]), dass im Jahre 1006 die Griechen von Byzanz das Osterfest falsch berechnet hatten und deshalb zwischen der griechischen und armenischen Geistlichkeit ein Streit entstanden war[7]), welcher auch durch eine Disputation zwischen den griechischen Gelehrten und dem Armenier Samuel in Gegen-

1) Siehe Kerem-Chemed VII, 35.

2) Kerem-Chemed IV, 161.

3) Unter anderen noch der berühmte Diderot in der Encyclopädie, im Artikel Juifs (Philosophie des); vgl. Rêvue des études juives VIII, 141, note 1. Neuestens ist dasselbe auch von Ch. M. Horowitz, in der Vorrede des durch ihn edirten Commentars von Ibn-Esra zu den Proverbien (ברכת אברהם, Frankfurt a. M. 1884, p. V), behauptet worden. Die Monographie von Friedländer über Ibn-Esra ist mir unzugänglich.

4) Vgl. Graetz, Geschichte der Juden VI, 412; Halberstam, Vorrede zu ספר העבור, Lyck 1874. p. 14, Anmerk. 26; Steinschneider in der Zeitschrift für Mathematik und Physik 1881, Histor. Liter. Abtheilung, Supplement p. 64—65, Anm. 12—13; p. 70, Anm. 35.

5) Die Argumente von Grätz hält Steinschneider a. a. O. für nicht stichhaltig, bringt aber selbst keine anderen Beweise für Rhodez. Für die letztere Annahme scheint mir jedoch der Umstand zu sprechen, dass an keiner einzigen, mir zugänglichen, Stelle der Ort als Insel (אי) bezeichnet wird.

6) Dulaurier, Bibliothèque Historique Arménienne, vol. I, Chronique de Matthieu d'Edesse, Paris 1858, p. 39. Vgl. desselben Recherches sur la Chronologie arménienne., p. 90—92; Mélanges Asiatiques tirés du Bulletin, IV, 108.

7) Ueber diesen Streit vgl. auch Jachja aus Antiochien bei Rosen, Императоръ Василій Болгаробойца

wart des Kaisers Basilius II (Βολγαροκτόνος) nicht geschlichtet werden konnte, trotzdem dass dem Kaiser persönlich die Meinung des Armeniers zusagte. Da sprachen die griechischen Gelehrten zum Basilius (nach Dulaurier's Uebersetzung): «Seigneur, ordonne de faire venir ici le grand docteur des Hébreux qui demeure dans l'île de Chypre, lui qui, depuis l'enfance, a acquis une si vaste érudition dans la science du calendrier et dans toutes les branches des connaissances humaines». Darauf erzählt Matthäus ferner: «Ayant envoyé à Chypre, il en fit venir ce docteur, qui se nommait Moïse (Mouci). Cet homme éloquent et savant, débout dans l'assemblée, en présence de l'empereur, se mit à discourir sur les principes du calendrier, prouva l'erreur de Grecs et les couvrit de confusion, tandis qu'il prodigua des éloges au docteur arménien pour sa demonstration». Schon an und für sich erregt diese Erzählung, welche offenbar die armenische Paschalienberechnung auf Kosten der byzantinischen zu verherrlichen zum Zwecke hat, gerechten Verdacht. Dieselbe Gedankenrichtung verräth dieser Chronist auch da, wo er behauptet, dass die durch die Araber damals erfolgte Ermordung griechischer Pilger als eine göttliche Strafe für diese falsche Berechnung anzusehen sei[1]). Auch sonst ist die Frage aufgeworfen worden: «ob die ganze Erzählung einen historischen Werth hat, oder eine der beliebten polemischen Erfindungen ist?»[2]). Aber wenn auch die Erzählung von der Disputation in Gegenwart des Basilius aller Wahrscheinlichkeit nach eine tendenziöse Erfindung sein dürfte, so folgt daraus noch nicht, dass auch der Name des gelehrten Juden erfunden sei; es ist eher anzunehmen, dass der armenische Chronist sich eines damals in jenen Gegenden bekannten Namens von einem Gelehrten, der sich viel mit Zeitrechnungen befasst hatte, bedient habe, was somit für die Existenz eines Moses aus Cypern sprechen würde. Jedenfalls würde Matthäus es kaum gewagt haben, eine solche Erfindung als Argument in einer polemischen Frage zu benutzen, wenn es zu jener Zeit nicht bekannt gewesen wäre, dass auf der Armenien wie Konstantinopel benachbarten Insel Cypern es wirklich gelehrte Juden gab, die über den Gegenstand der Polemik Abhandlungen schrieben[3]). Diese Voraussetzung würde wiederum in der Thatsache seine Bestätigung finden, dass ungefähr zwanzig Jahre nach der Abfassung der Chronik

---

Спб. 1883, p. 44—47 und die Anm. p. 344 f. Nach Kirakos (franz. Uebersetzung p. XLI) soll die falsche Berechnung 1007 stattgefunden haben, weswegen Dulaurier sie (Chronol. Arm. tab. G) unter 456 der armenischen Zeitrechnung anbringt. In Samuel Anetzi's chronologischen Tabellen falsch auf 1009 berechnet, wie schon Brosset in seiner Uebersetzung bemerkte, s. Collection d'historiens arméniens, T. II, 1876, p. 442—443.

1) Rosen, ibid. Anm. 303.

2) Steinschneider, Hebräische Bibliographie, B. VI, Berlin 1863, p. 117, Anmerkung 1, wo «130 Jahre später» zu lesen ist. Auch die Inhaltsangabe von Wiener, ibid. p. 116, ist zu berichtigen, denn nicht der Armenier, sondern die Griechen wünschten die Ansicht des jüdischen Gelehrten aus Cypern zu vernehmen, allerdings geschieht es bei Matthäus, wie es scheint, lediglich deshalb, um ihre Niederlage gegenüber dem Armenier desto empfindlicher vorzustellen.

3) In armenischen chronologischen Werken finden sich auch andere Notizen über jüdische Chronologen, über die man sonst keine Kunde hat. So bemerkt z. B. Brosset: En outre, on voit dans leurs (der Armenier) almanachs une seconde ère, appelée: petit comput ou comput d'Azaria, du nom d'un rabbin, qui le premier en a fait l'application, à ce qu'il paraît; s. Lebeau, Histoire du Bas-Empire, éd. Saint-Martin, T. XVII, p. 487, note. Meine Anfrage über diesen Azaria in der Zeitschrift Ben-Chananja VIII, 1865, Col. 410—411, hat bis jetzt keine Beantwortung gefunden.

des Matthäus der gelehrte Ibn-Esra sich veranlasst sah, sich in eine gelehrte Discussion über die Theorien der cyprischen Häretiker in Betreff der Zeitbestimmung einzulassen.

Aber wie dem auch sei in Betreff des Ibn-Esra und des Moses aus Cypern, die von Benjamin bezeugte Existenz einer sonst nicht vorkommenden hebräischen Secte auf Cypern mit einer so tief eingreifenden und radicalen Abweichung nicht blos vom Judenthum, sondern auch von allen aus dem Schoosse des Judenthums hervorgegangenen Religionen und Secten, beweist uns, dass bei den Bekennern des mosaischen Glaubens jener Gegend ganz eigenartige Formationen und Neubildungen zum Vorschein kamen, die, obwohl aus dem Alterthume herrührend, sich noch ziemlich spät erhielten, bis in die zweite Hälfte des XII. Jahrhunderts und wahrscheinlich noch später

Entweder den genannten «cyprischen Häretikern» selbst, oder einer anderen ähnlichen Häresis, dürften auch, nach meiner Vermuthung, die uns vorliegenden Handschriften mit der eigenthümlichen Schriftart gehört haben. Man wird dabei unwillkürlich an die eigenthümliche cyprische Schrift erinnert, welche anfangs der siebziger Jahre entziffert wurde, obgleich sie mit unserer Schriftart wohl nichts gemein hat.

Da wir es hier mit einer Secte zu thun haben, von deren innerem Wesen und synagogalen Einrichtungen, abgesehen von einem einzigen Punct (der Feier des Sabbaths und der Feiertage), wir nichts wissen, so ist es leicht möglich, dass die oben hervorgehobenen Eigenthümlichkeiten in Bezug auf die Schreibmaterialien und die Schreibart unserer Handschriften in irgend welchem Zusammenhange gestanden haben mit den religiösen Anschauungen und der kirchlichen Praxis jener Sectanten. So wissen wir z. B. dass die Samaritaner ihre Pentateuche nur auf Fellen reiner, von ihnen selbst geschlachteter Opferthiere, schreiben. Zu manchen uns fremd vorkommenden Puncten lassen sich Analogien oder Anklänge in dem altrabbinischen Schriftthume nachweisen. So z. B. in Bezug auf die fragmentarische Schreibweise wird man an die im Babyl. Talmud ausgesprochene Ansicht: «Die Thora ist bruchstückweise überliefert worden» (Gitin f. 60[a]: תורה מגילה מגילה ניתנה) erinnert. Allerdings ist hier, wie Raschi zur Stelle erklärt, von abgeschlossenen Fragmenten, wie die Schöpfungsrolle (מגילת בראשית), Noahrolle (מגילת נח), Abrahamrolle (מגילת אברהם) etc., die Rede, weshalb auch zum Zweck des Unterrichts nur solche ganze Theile abzuschreiben erlaubt wird; jedoch wurde diese Vorschrift auch von rabbinischen Juden nicht beobachtet, und man findet in Handschriftensammlungen beliebige Theile von allen biblischen Büchern besonders abgeschrieben. Dass unter dem gewöhnlichen Schreibestoffe Dejo (דיו) im Talmud Tusche verstanden wird, hat Löw (a. a. O. p. 145—146 et passim) nachgewiesen. Auch Pflanzensaft als Schreibematerial kennt der Talmud (Mischna, Gitin II, 3: משקין ומי פירות); es war verboten denselben wegen seiner geringen Dauerhaftigkeit zu Ehescheidungsbriefen zu gebrauchen. Dass die Rollenform ein archaistisches Merkmal ist, braucht nicht erörtert zu werden; dies beweist auch die Benennung מגלה oder מגלת ספר und die Bezeichnung גוללו (rollen) für «aufschlagen» und «zumachen»; vgl. die biblischen Realwörterbücher s. v. Schreibekunst.

Wenn die obige Vermuthung sich bestätigen sollte, so wird die Frage, ob die Handschriften in Wahrheit nicht in Rhodus, sondern in Cypern aufgefunden sind, oder ob dieselben vor längerer Zeit aus Cypern nach Rhodus transportirt wurden[1]) und wirklich daselbst versteckt gelegen haben bis zur grossen Katastrophe von 1856, wie der Matrose erzählt, — diese Frage, sage ich, wird dann schon von keinem grossen Belange sein.

Nach dem bisher Auseinandergesetzten bekenne ich mich vorläufig zu der Ansicht, dass die Echtheit des neuen Fundes zwar so manches Bedenken und erhebliche Schwierigkeiten erregt, diese aber nicht unüberwindlich sind, denn sie lassen sich auf die eine oder andere Weise erklären; und wenn man ihnen die noch grösseren Räthsel und Unwahrscheinlichkeiten entgegenhält, welche die Annahme einer ganz neuen Falsification hervorrufen würde, so wird man, glaube ich, nicht umhin können, der ersten der beiden Alternativen den Vorzug zu geben. Ich sagte: vorläufiges Ansicht, denn natürlich wäre es von mir sehr gewagt, schon beim ersten Anlaufe eine so verwickelte Frage endgültig lösen zu wollen, und obwohl ich persönlich an die Echtheit der fraglichen Handschriften glaube, so habe ich doch nicht das Recht, von Anderen zu verlangen, dass sie meine Ansicht ohne Weiteres theilen, um desto weniger, als es noch der prüfenden Zustimmung erfahrenerer Gelehrten als ich bedarf, um diese meine Ansicht in eine feste Ueberzeugung zu verwandeln. Ich will also die Ansichten und Bemerkungen der Fachgenossen, welche dieser Bericht hervorrufen wird, genau prüfen und in Erwägung ziehen. Erst nach der Zustimmung besonnener und unparteiischer Forscher, wie Clermont-Ganneau, Derenbourg, Renan und de Vogüé in Frankreich, Guthe, D. H. Müller, Nöldeke, Prätorius und Sachau in Deutschland und Oesterreich, Neubauer, Sayce und William Wright in England, Ascoli in Italien, und anderer mit semitischer Paläographie vertrauten, werde ich an eine genauere Untersuchung aller Fragmente gehen, und die Ergebnisse, zu denen dieselbe führen wird, in einem zweiten Berichte auseinandersetzen.

Vielleicht wird es mir oder Anderen vergönnt sein, bis dahin noch neue Umstände und Nachrichten zu erfahren, welche auf diese ganze Angelegenheit neues Licht verbreiten werden. Sollten dieselben dem neuen Funde ungünstig sein, und den Beweis liefern, dass unsere Handschriften nur ein Product irgend welcher Betrüger seien, so werde ich mich beeilen, das Machwerk selbst aus dem Wege zu räumen und die gelehrte Welt sogleich davon in Kenntniss zu setzen. Einstweilen dienen die bis jetzt mir mitgetheilten Ansichten, welche ich sogleich anführe, dazu, um mich in meiner Meinung zu bestärken.

---

1) In der neueren Zeit kommen die wenigen jüdischen Familien, welche auf Cypern wohnen, alljährlich nach Rhodus, um die Feiertage zusammen mit ihren Glaubensgenossen zu feiern. Siehe die hebräische Uebersetzung von Frankl's «Nach Jerusalem», ירושלימה p. 84.

IV.

Gutachtliche Aeusserungen über die Beschaffenheit der Handschriften.

Wie schon oben (p. 5) bemerkt, ersuchte ich einige Fachgelehrte, ihre Meinung in Betreff unserer Handschriften zu äussern.

Herr J. K. Trapp (emerit. Professor an der hiesigen medico-chirurgischen Akademie), der zwei beschriebene Pergamentstreifchen chemisch untersucht hat, theilte mir in einem russischen Schreiben Folgendes mit:

«Nach der Reaction auf Eisen finde ich, dass die Buchstaben nicht mit Dinte, sondern wahrscheinlich mit Tusche oder mit einem schwarzen Safte geschrieben sind. Unter der Benennung Dinte verstehe ich Galläpfeldinte mit Eisenvitriol (подъ именемъ «чернилъ» я разумѣю галлусовыя чернила на желѣзномъ купоросѣ), obwohl atramentum im Alterthum alles, was schwarze Farbe hat, bedeutet etc. Die Schrift wird deutlicher, wenn das Pergament mit Wasser angefeuchtet wird etc. (Hr. Trapp giebt hier eine ausführliche Instruction darüber, wie diese Anfeuchtung bewerkstelligt werden muss, welche mit der weiter unten von Hrn. Clasen beschriebenen übereinstimmt). Die beiden Proben sind aus Thierhaut und machen den Eindruck alter, echter Documente».

Herr Akademiker A. A. Strauch, den ich gefragt habe, von welchem Thiere (oder welchen Thieren) die Pergamentfelle genommen sind, theilte mir mit, dass die Zoologie vorläufig keine Mittel hat, die bearbeiteten Thierfelle genau zu unterscheiden.

Nähere Auskunft ging mir von einem dritten Fachmanne zu. Glücklicherweise vereinigt der Herr Hofphotograph S. M. des Kaisers W. Clasen, dem die Anfertigung der beigegebenen Lichtdruck-Tafeln von der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften anvertraut wurde und dem ich für seinen Eifer und seine Geschicklichkeit bei der Bewerkstelligung dieser sehr schwierigen Aufgabe zu vielfachem Danke verbunden bin, mit seinen Fachkenntnissen auch die eines erfahrenen Chemikers, und da derselbe, als Photograph der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, viel und oft mit photographischen Reproductionen zu wissenschaftlichen Zwecken zu thun hatte, so dürfte seine in dem beiliegenden Schreiben an mich mitgetheilten Beobachtungen in unserer Frage von grösstem Interesse sein. Hier das Schreiben:

«Die mir behufs photographischer Wiedergabe von Ihnen übergebenen beschriebenen Pergamente stellen die Leistungsfähigkeit der Photographie auf eine harte Probe. Der geringe Contrast der noch sichtbaren Schriftzeichen gegenüber der durch Alter und mancherlei Schicksale dunklen und unebnen Unterlage, war mit den gewöhnlichen Methoden nicht zu reproduciren, dennoch hoffe ich Ihren Anforderungen zu genügen, wie Sie aus beiliegenden Abdrücken ersehen. Die äusserst interessanten Stücke veranlassten mich, dieselben in Betreff der Art der Anfertigung zu untersuchen, natürlich mit Beobachtung der äussersten Vorsicht, und erlaube ich mir, die Resultate meiner Untersuchung in Folgendem mitzutheilen.

Sämmtliche mir übergebenen acht Stücke bestehen aus ungegerbten, abgeschabten und getrockneten Thierhäuten, und, wie die ungleiche Struktur beweist, von verschiedenen Thierarten — einige Stücke sind direkt auf der geglätteten Haut beschrieben und ist die Schrift auf diesen am klarsten erhalten, andere dagegen scheinen vorher mit einem deckenden Ueberzuge versehen zu sein, vermuthlich um dem Schreiber eine hellfarbige ebenere Fläche zu bieten, Letztere aber ist durch ungünstige äussere Einflüsse theils verschwunden, theils durch fremde Stoffe bedeckt, und es ist schwer nachzuweisen, woraus derselbe bestanden hat; an einzelnen scheinen Spuren von Kalk und Gyps zu haften, an anderen Thonerde. Da wo die aufgetragene Schicht eine sehr schwache war, ist die Schrift durch dieselbe in das Pergament eingedrungen und erhalten, da jedoch, wo die Schicht dicker war, ist mit derselben auch die Schrift verloren gegangen.

Die Schrift selbst scheint weder aus Tusche noch aus Dinte zu bestehen. Tusche könnte schwerlich durch den Ueberzug in die Haut eingedrungen sein und den ungünstigen Einflüssen von Nässe etc., welchen die Stücke ausgesetzt waren, Widerstand geleistet haben, wenigstens müssten die Schriftzüge in solchem Falle verwischt erscheinen, was aber nirgends der Fall ist.

Dinte, aus Gallus und Eisen bestehend, wird durch Lösungen von Acid. citricum sowohl als Kali oxalicum entfärbt. Kleine, mit Vorsicht ausgeführte Proben zeigten, dass die Schrift beiden Flüssigkeiten vollständig widerstand, sogar eine schwache Lösung von Acid. muriaticum vermochte keinen bleichenden Einfluss zu üben. Es liegt daher die Vermuthung nahe, dass der Schreiber sich eines gerbstoffhaltigen Pflanzenstoffes bediente, wie ihn beispielsweise die grünen fleischigen Schalen der Wallnüsse, Kastanien und viele andere Pflanzen und Baumrinden liefern, und es ist wohl möglich damit auf einer getrockneten Thierhaut eine tief braune echte Farbe zu erzeugen. Für diese Vermuthung spricht auch der Umstand, dass eine äusserst schwache Lösung von Ferrum sulfuricum die Schriftzüge bedeutend dunkler färbte, während das Pergament seine Farbe nicht veränderte. Selbstverständlich benutzte ich diesen Weg nicht, da ich die Originalität der Pergamente nicht opfern durfte.

Bestände die Schrift aus Dinte oder Tusche, so müsste sie in der Durchsicht stets dunkel erscheinen. Letzteres ist aber nur bei einzelnen Stücken in sehr schwachem Grade

der Fall, bei anderen ist die Schrift so gar nicht zu erkennen, und bei einer dritten Art erscheint die in der Aufsicht dunkler als der Grund erscheinende Schrift in der Durchsicht in hellen Linien, was wohl darauf hinweist, dass hier ein anderer Pflanzensaft verwendet wurde.

Um die äusserst unebenen Stücke für die Reproduction geeigneter zu machen, wurden dieselben einige Minuten mit der Rückseite auf feuchtes Fliesspapier gelegt und zwischen zwei ebenen Platten gepresst. Bei sechs derselben erwies sich diese Methode als zweckentsprechend, bei den zwei übrigen musste davon Abstand genommen werden, weil diese durch Feuchtigkeit eine dunklere Färbung anzunehmen geneigt waren, vielleicht in Folge von anhängenden fremden Stoffen.

Selbstverständlich kann hier von definitiven Bestimmungen um so weniger die Rede sein, als von dem Vorhandenen auch nicht ein einziges Stückchen zum Zweck eingehender Untersuchungen geopfert werden konnte. Jedenfalls aber lässt die Beschaffenheit der Schrift auf ein hohes Alter schliessen.

Ich will nun noch meinerseits hinzufügen, dass die dunkele Farbe mehrerer unserer Pergamentfelle, wie es sich nun jetzt herausstellt, nicht einer geflissentlichen und künstlichen Beschädigung durch Fett oder eine andere Essenz (wie es bei mehreren Firkowitsch'schen Epigraphen der Fall ist), sondern der Auflösung der hinzugekommenen Stoffe durch Anfeuchtung zuzuschreiben sein wird. Somit ist dieser zuerst bei mir aufgekommene Verdächtigungsgrund beseitigt.

Was den deckenden Ueberzug, von dem Hr. Clasen spricht, anbetrifft, so finden wir dazu Analogien wie im Alterthume, so auch im Mittelalter. So berichtet Plinius (Nat. Hist. XIII, 26), dass man aus feinem Mehle mit heissem Wasser und Essig, oder aus der Krume gesäuerten Brodes einen Kleister oder eine Pappe (glutinum) zu machen pflegte, um die Papierbogen damit zu überziehen, wodurch dieselben geschmeidiger wurden als Leinwand. Dieses Glutinum des Plinius hat Löw (a. a. O, I, 106) richtig mit dem קולן (= κόλλα, Leim) der Schreiber im Talmud (Babyl. Pesachim f. 42[a], Jerusal. ibid. III, 1) zusammengestellt. Ueber die schwierigen Stellen bei demselben römischen Schriftsteller XIII, 13, 21, vgl. Baumstark's Artikel Papyrus in Pauly, Class. Realencyclopädie V, 1145, und die dort citirten Commentatoren. Der um die Mitte des IX. Jahrhunderts als Gaon (Akademie-Oberhaupt) in Sora fungirende Sar-Schalom ben Boas berichtet in seiner ausführlichen Beschreibung der Pergament-Fabrication in Babylonien (Gutachten-Sammlung שערי תשובה, ed. Fischl, Leipzig, 1858, f. 20[d], № 332), dass, nachdem man die zum Schreibmateriale bestimmten Thierfelle geweicht hat, man dieselben auf hölzerne Leisten spannt und beide Seiten des aufgespannten Felles mit einer aus sorgfältig gestossenen oder gemahlenen (l. טוחנן; der Text ist corrumpirt und defect, vgl. Löw I, 120, 225, Anm. 466) Galläpfeln bereiteten Masse bestreicht; auf der Haarseite findet eine stärkere Bestreichung statt. Auf solche Weise werden die Felle dreimal bestrichen. Von der Gall-

äpfelmasse wird auf jedes Fell ein Drittel der Bagdader Litra verwendet. Uebrigens pflegte dieser Galläpfelüberzug als Gerbemittel angewendet zu werden. Jedenfalls dürfte aus dem Vorhandensein dieses Ueberzuges gefolgert werden, dass unsere Handschriften keine freche Fälschung sind.

In Betreff der Tusche muss noch bemerkt werden, dass dieselbe von den Juden im Mittelalter auch auf verschiedene Weise und aus verschiedenen Stoffen bereitet zu werden pflegte. So z. B. beschreibt R. Jacob Tam (im XII. Jahrh. in Frankreich) den von den Juden seiner Heimath gebrauchten Schreibstoff folgendermassen: Man weicht eine Baumrinde im Wasser ein, wo dieselbe ihren Saft von sich herausgiebt. Dies lässt man lange sieden, bis es dick wird, hierauf wird es abgekühlt und zur Tusche getrocknet (Mordechai Gitin § 339 und die bei Löw I, 153, 233, Anm. 667 vermerkten Parallelstellen). Es ist auch in jüdischen Quellen von Tusche aus verschiedenen Stacheln und Schalen die Rede (a. a. O., Anm. 668 und 669). Ueber die Verfertigung der Tusche bei den orientalischen Juden während des Mittelalters sind wir dagegen nicht so gut unterrichtet. Sollte es sich demnach herausstellen, dass unsere Handschriften mit einer gewissen Art Tusche nicht geschrieben sein können, so ist noch immer die Möglichkeit vorhanden, dass zu denselben eine andere, im Mittelalter gebräuchliche Art verwendet worden sei.

V.

Die Lichtdruck-Tafeln und deren Originale.

Die Wahl der photographisch zu reproducirenden Texte ist zum Theil auch nach der Anweisung des Photographen auf die zur Reproduction Geeignetsten getroffen worden. Dabei muss aber bemerkt werden, dass manche Texte, obwohl sie sonst mehr oder minder gut lesbar sind, als ungeeignet für die Photographie befunden worden sind.

Tafel I.

Dickes Pergamentfell 53 × 23 Cm., 3 Columnen, 2 zu 38 und die 3te 22 Zeilen. Das Fell ist zum grossen Theile mit einer Kalkschicht (oder Ueberzug?) bedeckt, besonders in den letzten 2 Col., wo auch der untere Theil vom Kalk fast ganz zerfressen ist. Auf der Tafel sind die oberen 34 Zeilen von den ersten 2 Col. reproducirt. Die Schrift ist unregelmässig, besonders ist der Anfang in kleinerer und gedrängterer Schrift als der übrige Text, was übrigens zum Theil vielleicht die Folge des Zusammenschrumpfens des Felles ist.

Inhalt: Hosea XIV, 2. — Joel fin. (das ש am Anfange, welches eine ganz abweichende Form hat und wie das ם in unseren Handschriften aussieht, scheint nicht prima manu zu sein). Das Buch Joel beginnt Col. I in Z. 13. In Bezug auf Lesarten noch nicht untersucht.

Tafel II.

Dünnes Pergamentfell, 42 × 21¾ Cm. In dem unteren Theile beschädigt und zusammengeschrumpft. Zwei Columnen, von denen die erste 32, die zweite 30 Zeilen enthält. Grosse Schrift, die deutlichste von allen diesen Handschriften.

Inhalt: Das ganze Buch Maleachi, wovon die Tafel die ersten 39 Z. von der ersten Col. (bis Cap. II, 13) reproducirt sind. (In Z. 2 fehlen die Worte נאם ה׳ aus I, 2 und in Z. 23 fehlt der ganze Vers תורת אמת etc. II, 6).

Es muss noch nachträglich bemerkt werden, dass in dieser, ebenso auch in den anderen Handschriften, das ב zumeist so geformt ist, dass die Dachlinie nach rechts hinter der senkrechten Linie hinausragt, der Gestalt dieses Buchstabens ähnlich, der man auch auf babylonischen Thongefässen begegnet.

Tafel III.

Dickes Pergamentfell, 34×31 Ct. Stellenweise beschädigt, wie es scheint vom Kalke verbrannt, der noch jetzt zumeist an dem Felle haftet. Zwei Columnen, von denen erstere 51, die zweite 45 Zeilen enthält.

Inhalt: das Buch Ruth bis IV, 17. Die letzten 5 Verse (die Genealogie David's) scheinen mit Fleiss weggelassen zu sein, denn am Schlusse der Columne ist ein Raum von $8^1/_2$ Cm. leer gelassen. Allerdings ist auch die Möglichkeit vorhanden, dass der Schreiber aus irgend einer Ursache das Buch zu vollenden verhindert gewesen sei; vgl. weiter unten zu Tafel V^b.

Die Tafel reproducirt den beschriebenen Theil der zweiten Columne. In der ersten Zeile kommt ein שׁ vor, in welchem die drei Zacken nicht durch eine Wellenlinie gebildet, sondern selbstständig oberhalb der Quadratfigur angebracht sind.

Tafel IV.

a. Ziemlich gut gearbeitetes Pergamentfell, 65×29 Cm. Das Fell ist sehr gut erhalten. Vier Columnen zu 26—27 Zeilen, von denen aber nur die letzten zwei Columnen nicht ohne Schwierigkeit lesbar sind; die einzelnen Wörter und Buchstaben, die in den ersten zwei Columnen vorkommen, sind von einer anderen Hand und mit anderer Dinte (oder anderer Schreibessenz) geschrieben.

Inhalt: Klagelieder Jeremiah's vom Anfange (wie es scheint, nach dem Raumverhältnisse zu urtheilen) bis etwa zur Mitte des Capitels III.

Auf der Tafel sind die ersten zehn Zeilen der dritten Columne (von den Worten ימינו מפני Cap. II, 3 bis זקני בת II, 10) reproducirt. Die bemerkten Lesarten aus diesem Fragmente sind oben (p. 21) gegeben. Das ׳ ist in diesem Fragmente bedeutend kleiner als das ו, behält jedoch die geradwinklige Gestalt. Dieses Fragment wurde mir nebst drei anderen zuerst zugeschickt.

b. Ebenfalls solches Pergamentfell, aber etwas dicker, $64^1/_4$×27 Cm. Das Fell wie die Schrift gut erhalten, letztere ist in den ersten zwei Columnen grösser und deutlicher als in der dritten, welche nur deshalb zur photographischen Abnahme gewählt wurde, weil am Schlusse die oben (p. 22) angeführte nachbiblische Elegie sich befindet, oder vielmehr, sich befand. Dieses Fragment wurde zuerst dem Herausgeber einer hiesigen jüdischen Zeitschrift zugeschickt, dessen Bekannter es nach dem Auslande geführt und dann zurückgebracht hat (vgl. oben p. 1).

Tafel V.

a. Pergamentfell, $53 \times 32\frac{1}{2}$ Cm. Das Fell ist sehr gut erhalten, aber nicht so die Schrift, besonders am Anfange, wo sehr wenig vom Texte lesbar ist. Vier Columnen, von denen die zweite und vierte 33, die dritte 35 Zeilen hat; in der ersten Columne lässt sich die Zeilenzahl nicht bestimmen. Während der Anfeuchtung der zweiten Columne zum Behufe der photographischen Aufnahme, bekam das Fell dieser Columne eine sehr dunkele Farbe, jedoch wurde die Schrift deutlicher.

Inhalt: Anfang des Buches Esther bis ולא קבל (Cap. IV, 5). Dieses Fragment wurde mir zuerst zugeschickt. Auf der Tafel sind die ersten 16 Zeilen der dritten Columne reproducirt (von Cap. II, 13 bis II, 20). In Z. 17—20 dieser Columne befindet sich der oben (p. 18—19) ausführlich besprochene abweichende Vers (II, 21), den aufzunehmen nicht möglich war, da die Schriftzüge sehr blass sind. Ausser dem bezeichneten Verse bemerkte ich in diesem Fragmente noch folgende Abweichungen: Col. 2 Z. 14 und 27 (II, 4 und II, 10): אש für אשר (was an die phönizische Form dieses Wortes erinnert, hier aber wahrscheinlich nur der Nachlässigkeit zuzuschreiben sein wird, wie die folgende Variante zeigt). Col. 3, Z. 24 (III, 1): מע statt מעל. Col. 4, Z. 1 (III, 7) fehlen die Worte לפני המן; Z. 16 (III, 13): ולהרג statt ולהרג; Z. 17 (III, 13) fehlen die Worte טף ונשים; Z. 20 (III,14) fehlt das Wort מדינה; Z. 26 (IV, 2): נשא? statt ויבוא.

b. Pergamentfell, $51\frac{1}{2} \times 22\frac{1}{2}$, das Fell stellenweise beschädigt. Zwei Columnen, von denen die erste 42, die zweite (unvollendete) 36 Zeilen enthält. Schrift sehr dunkel.

Inhalt: Cap. V—VIII des Buches Esther.

Auf der Tafel ist die Mitte der zweiten Columne (beginnt mit ואתו תלו VIII, 7) reproducirt.

c. Pergamentfell, $60 \times 23\frac{1}{2}$ Cm., das Fell gut erhalten. Vier Columnen, von denen die erste 47, die zweite und dritte 45, die vierte 44 Zeilen enthält. Die Schrift ist nur stellenweise lesbar.

Inhalt: Cap. IV—IX des Buches Daniel.

Auf der Tafel ist die Mitte der dritten Columne (Vers 7—17 des Cap. VII) reproducirt.

Die anderen Pergamentfelle, so weit sie bis jetzt entziffert, sind entnommen: 16 aus Jesaias, 1 aus Obadiah und Jonah, 1 aus Zephaniah und Haggai, 2 aus Zachariah, 1 aus den Proverbien Salomo's, 1 aus Esther und 1 aus Daniel. Ich hoffe nächstens noch andere von den übrigen Pergamentfellen zu entziffern.

VI.

Schrifttafel.

Zur leichteren Uebersicht der Schriftzüge und deren Abweichungen von der gewöhnlichen hebräischen Schrift geben wir hier die nach der Lichtdruck-Tafel II in Holzschnitt verfertigten Schriftzeichen alphabetisch geordnet:

Gew. Quadrschr.	Handschr.	Gew. Quadrschr.	Handschr.
א	א	ל	ל
ב	ב	מ	מ
ג	ג	נ	נ
ד	ד	ס	ס
ה	ה	ע	ע
ו	ו	פ	פ
ז	ז	צ	צ
ח	ח	ק	ק
ט	ט	ר	ר
י	י	ש	ש
כ	כ	ת	ת

Nachträge.

P. 7. Ueber die gewöhnliche Form des Buchstabens ב in unseren Handschriften vgl. unten p. 43 und die Schrifttafel.

P. 12. Anm. Col, 1, Z. 5 von unten ist statt des Citates aus Kerem Chemed auf Geiger's Jüd. Zeitschr. V, 1867, p. 69. VI,1868, p. 76, zu verweisen.

P. 13. Das ש hat manchmal, wie z. B. Taf. III, Z. 15 und 20, eine nicht geschlossene, der der Quadratschrift sehr nahe kommende Form.

P. 16. Das die Abwesenheit von Ligaturen in der hebräischen Schrift nicht der Ausfluss späterer rabbinischer Satzungen ist, beweist der Umstand, dass auch die samaritanische Schrift die Ligaturen entbehrt.

P. 17. Das Liniren erklärt der Babyl. Talmud für das Buch Esther nothwendig (Megillah f. 16^b). Daselbst wird gefordert, dass dieses Buch in Quadratschrift, auf Pergament und mit Dejo = Tusche geschrieben sein soll (Mischnah II, 1).

P. 21. Anm. 1. Ich finde nachträglich, dass schon im ersten Schreiben des X an mich, datirt 1./13. September 1883, gesagt war, dass dem Herausgeber der jüdischen Zeitschrift und mir Fragmente aus den Klageliedern zugeschickt worden sind.

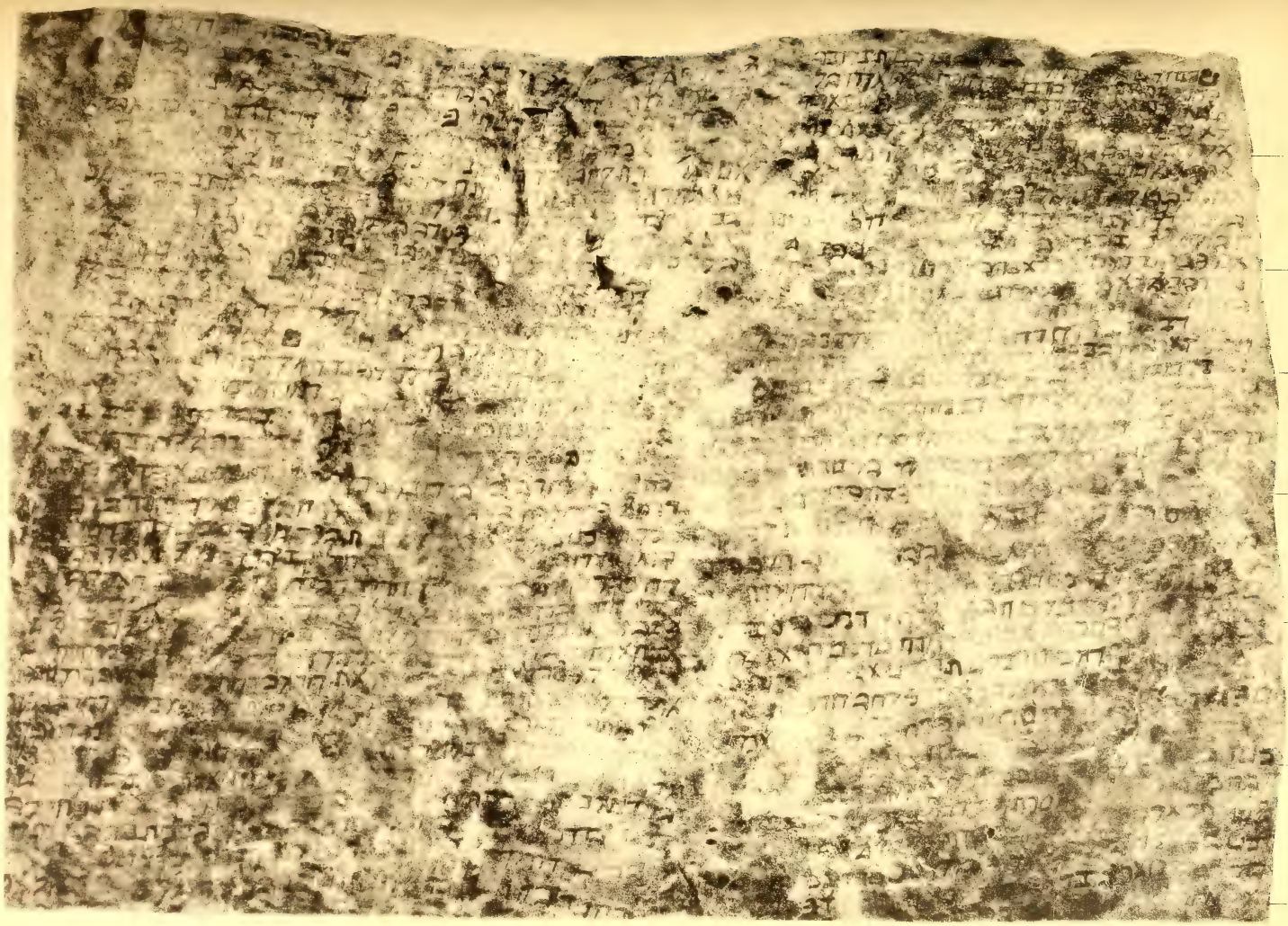
P. 26—27. Das Original von dem historischen Berichte des Rabbiners Raphael Isaak über die Judengemeinde in Rhodus ist abgedruckt in L. A. Frankl's mir eben zu Gesichte gekommenem Werke: «Aus Egypten», zugleich als III. Theil von dem Werke «Nach Jerusalem» (Wien 1860, p. 350—352), wo (auf p. 350) es unter anderem heisst: «sie (die Juden) befinden sich seit 386 Jahren auf der Insel». Daselbst (p. 351) ist gesagt: «Die erste Synagoge auf Rhodus wurde von Rabbi Samuel Amato, der viele Reichthümer besass, im Jahre 1502 gegründet». Die von mir oben vorgeschlagenen Emendationen: 336 und 1522, sind um so wahrscheinlicher, weil die Erinnerungen der jetzigen Juden auf Rhodus von ihren Vorfahren auf dieser Insel nur bis zum Jahre 1522 und nicht bis zum Jahre 1472 hinaufreichen, denn auch Hrn. Berg (II, 28) haben sie mitgetheilt, dass ihre Vorfahren spanischer Abkunft waren und vor der Inquisition Zuflucht suchten. Die Vertreibung der Juden aus Spanien fand bekanntlich im Jahre 1492 statt.

P. 27. Anm. letzte Zeile ist zu lesen: vgl. Anm. 2 auf der folgenden Seite.

P. 29. Einer der zwei erwähnten Gelehrten erklärt mir nachträglich, dass er keinesweges seine Aeusserung im Sinne der Verdächtigung aufgefasst sehen möchte; er habe nur seine Incompetenz in einer Sache, die ihm zum ersten Male zu Gesicht kommt, andeuten wollen. Der zweite Gelehrte sagte mir nachher, dass ihm zu Ohren gelangt sei, dass in gewissen Zeitungen die Handschriften verdächtigt worden seien. In den in Paris erscheinenden Archives Israélites № 16 (vom 17. April 1884), finde ich Folgendes: Une dépêche, adressée à Londres de Saint-Pétersbourg, annonce la découverte dans cette dernière ville, d'un fragment de la Bible hébreu, avec des caractéres completement inconnus jusqu'à ce jour etc. Le Times enregistre gravement cette nouvelle à sensation etc. Le Globe qui, en raison de son titre, doit avoir l'esprit plus critique que son gros confrère de la Cité, ajoute à la mention de cette nouvelle, qu'il faut s'attendre à trouver là, de nouveau, une fraude. Si l'on voulait réunir tous ces prétendus textes sacrés, la série serait longue. Da die Redaction des Globe (das englische Blatt ist mir unzugänglich) schwerlich in unserer Frage competent sein wird, um desto weniger, als dieselbe weder die Handschriften gesehen, noch die Schriftart kennt, so wird dieses Urtheil blos aus Rivalitätsverhältnissen zwischen diesem Blatte und der Times zu erklären sein.

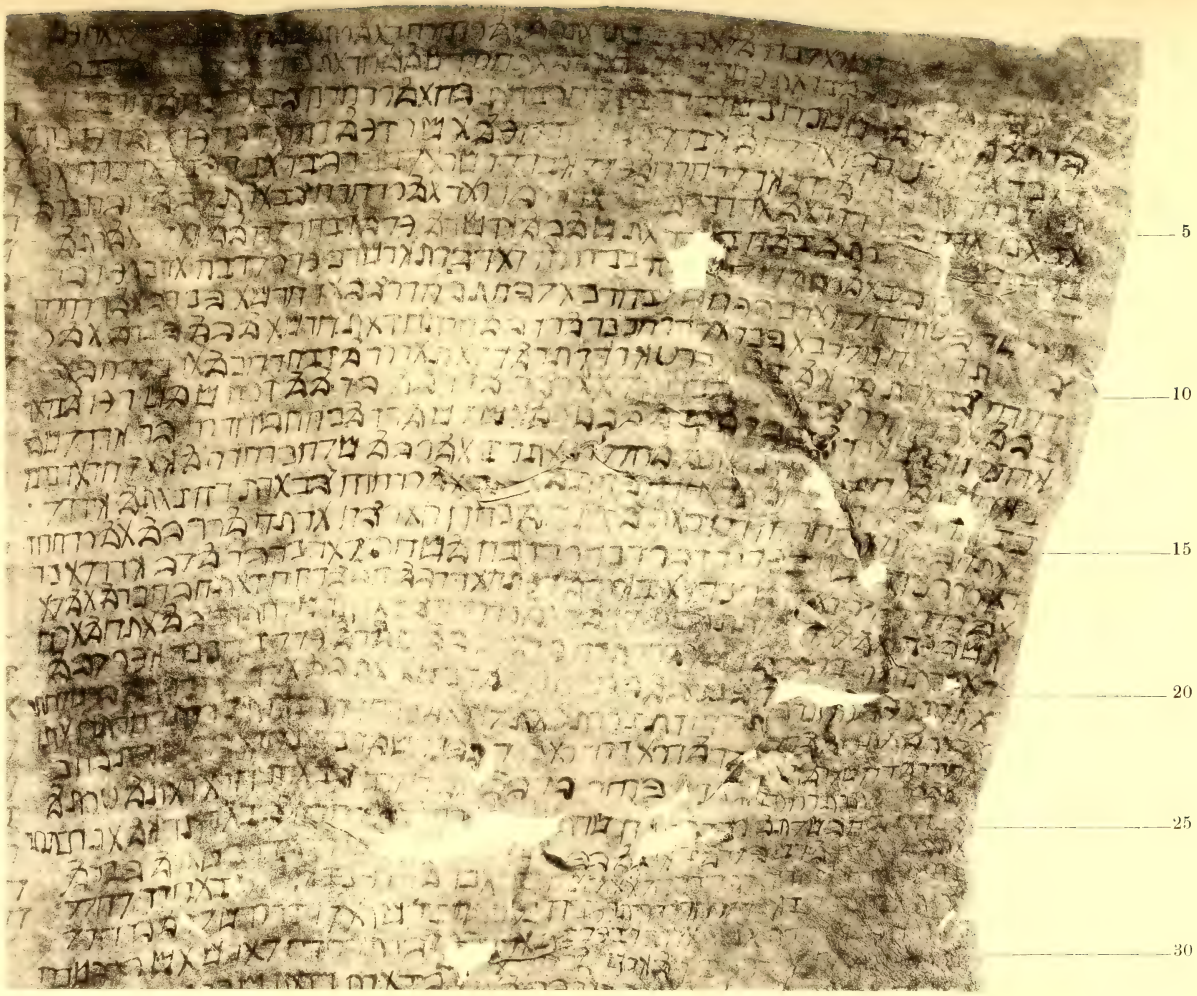
Inhaltsverzeichniss.

	Pag.
Vorwort	III
I. Auffindung der Handschriften	1 — 4
II. a. Beschaffenheit der Handschriften	5 — 6
b. Beschaffenheit der Schriftzüge	6 —18
c. Beschaffenheit des Textes	18—22
III. Zur Frage über die Echtheit der Handschriften	23—37
IV. Gutachtliche Ausserungen über die Beschaffenheit der Handschriften	38—41
V. Die Lichtdruck-Tafeln und deren Originale	42—44
VI. Schrifttafel	45
Nachträge	46—47



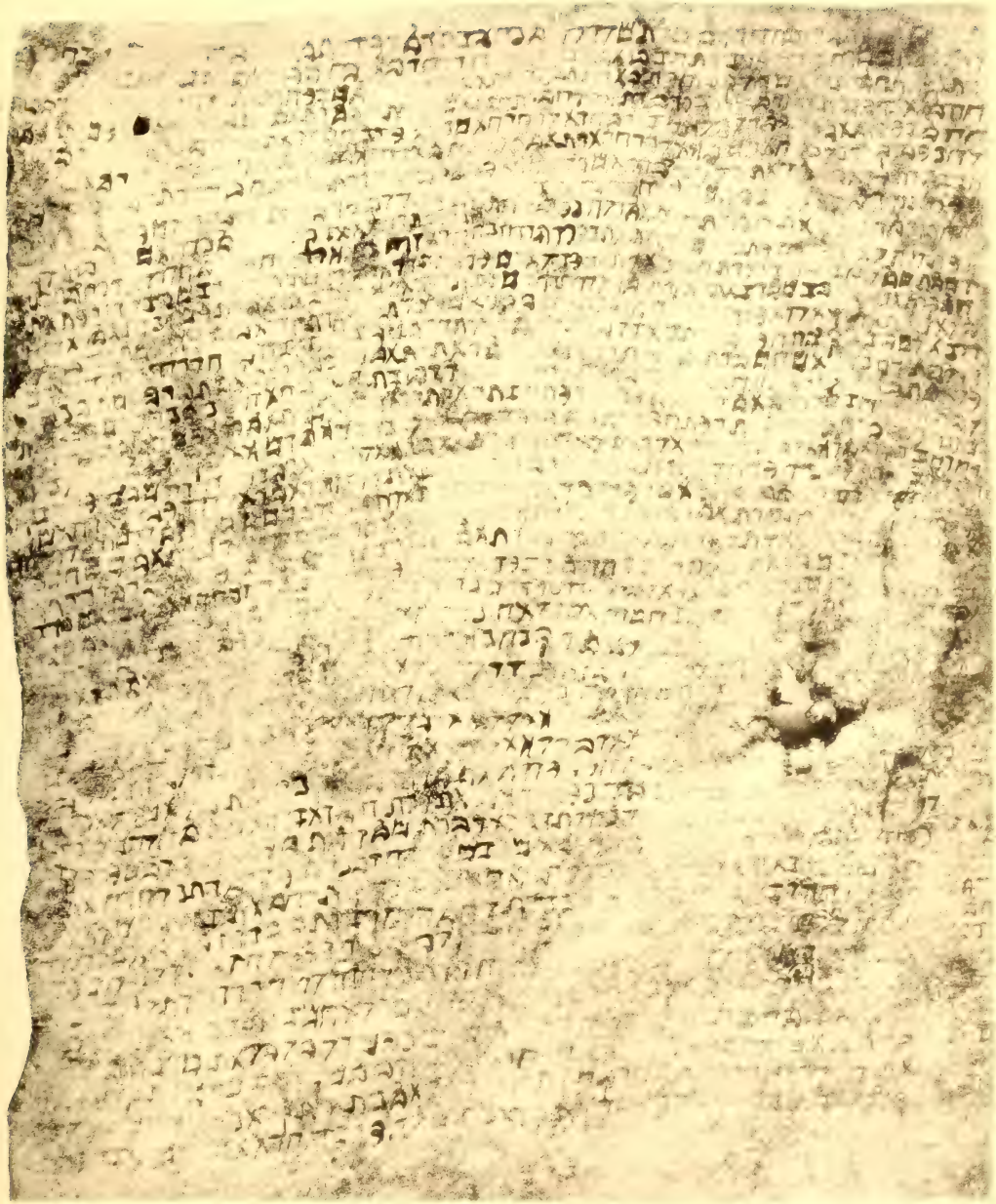
Harkavy, Neuaufgef. hebr. Bibelhschr.

Phototypie W. Clasen, St Petersburg.

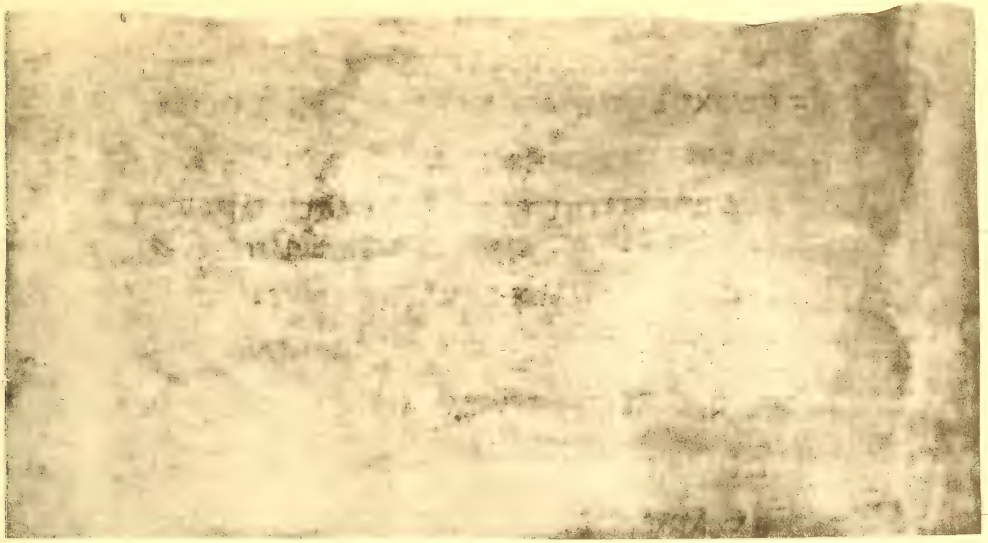


Harkavy, Neuaufgef. hebr. Bibelhschr.

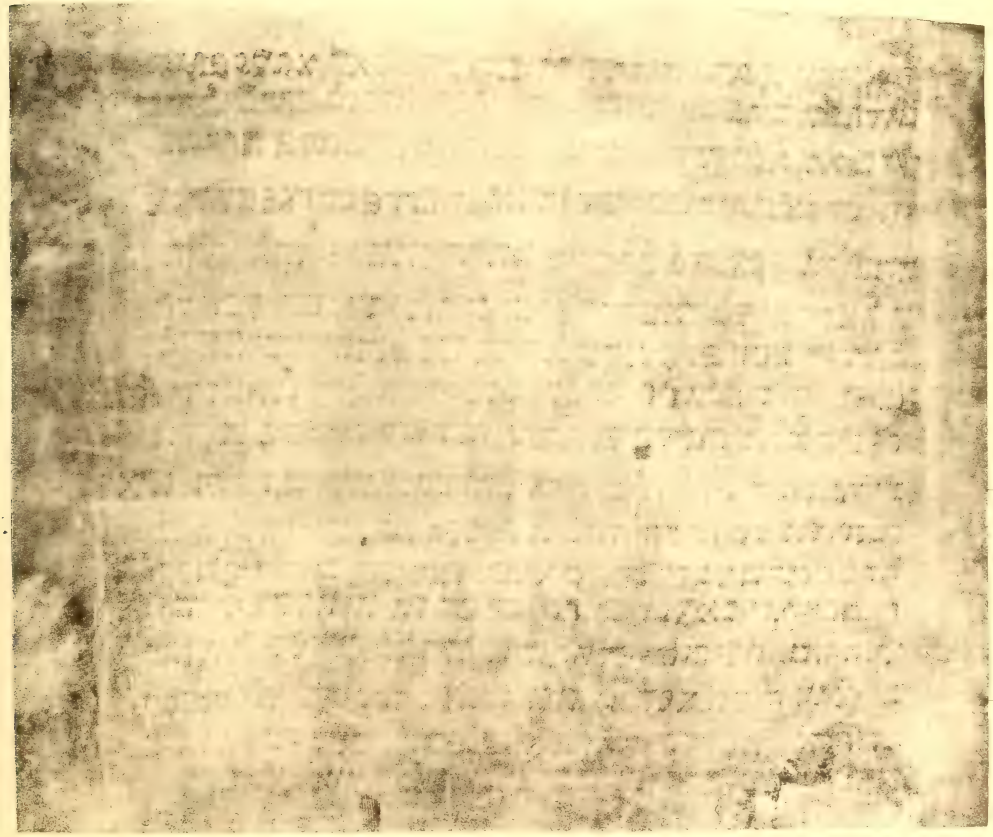
Photolypie W. Clasen, St. Petersburg



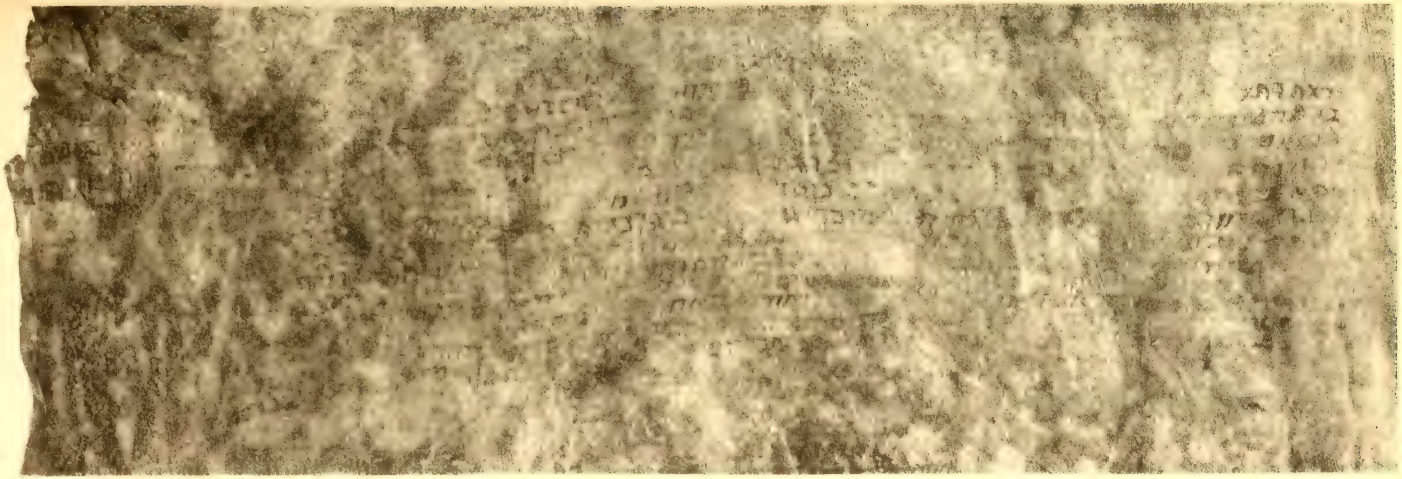
a



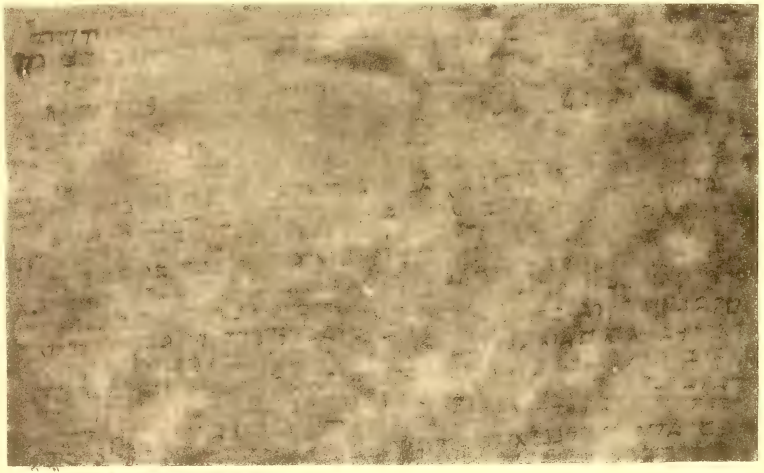
b.



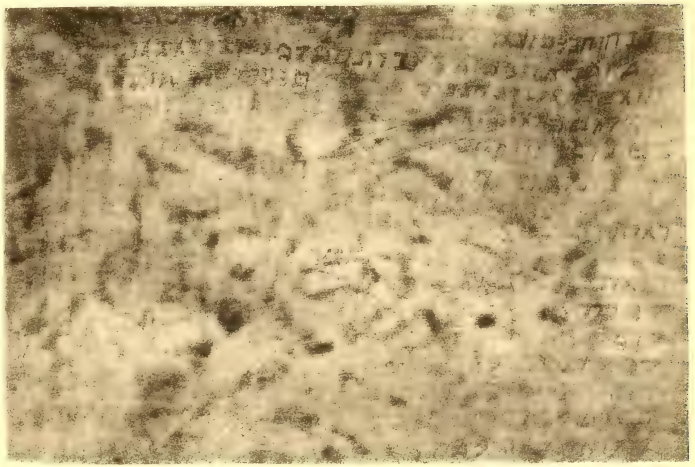
b.



c.



a.



Harkavy, Neuaufgef. hebr. Bibelhschr.

Phototypie W. Clasen, St. Petersburg.

Ouvrages publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. II, № 3. **Schirren, C.** Beitrag zum Verständniss des Liber Census Daniae. Analyse und Kritik der Schrift Georgs von Brewern: Der Liber Census Daniae und die Anfänge der Geschichte Harriens und Wirlands (1219 — 1244). 1859. Pr. 1 R. 15 K. = 3 Mk. 80 Pf.

T. III, № 3. **Langlois, V.** Essai historique et critique sur la constitution sociale et politique de l'Arménie sous les rois de la dynastie Roupénienne, d'après les documents orientaux et occidentaux conservés dans les dépôts d'archives de l'Europe. 1860. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IV, № 6. **Langlois, V.** Extrait de la chronique de Sempad, Seigneur de Babaron, connétable d'Arménie, suivi de celle de son continuateur, comprenant l'histoire des temps écoulés depuis l'établissement des Roupéniens en Cilicie, jusqu'à l'extinction de cette dynastie. Traduit pour la première fois de l'arménien, sur les éditions de Moscou et de Paris. 1862. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 9. **Brosset, M.** Analyse critique de la «Всеобщая Исторія» de Vardan, édition princeps du texte arménien et traduction russe par M. N. Émin. 1862. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. VI, № 6. **Brosset, M.** Description des monastères arméniens d'Haghbat et de Sanahin, par l'archimandrite Jean de Crimée, avec notes et Appendice... (en russe). 1863. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 9. **Zachariae von Lingenthal.** Zur Kenntniss des römischen Steuerwesens in der Kaiserzeit. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. VIII, № 3. **Zachariae von Lingenthal.** Beiträge zur Geschichte der Bulgarischen Kirche. 1864. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 10. **Brosset, M.** Inscriptions géorgiennes et autres recueillies par le Père Nersès Sargisian et expliquées. Avec 4 pl. 1864. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. IX, № 6. **Zachariae von Lingenthal.** Eine Verordnung Justinian's über den Seidenhandel aus den Jahren 540 — 547. 1865. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 7. **Chwolson, D.** Achtzehn hebräische Grabschriften aus der Krim. Ein Beitrag zur biblischen Chronologie, semitischen Paläographie und alten Ethnographie. Mit 9 Tafeln. 1865. Pr. 2 R. = 6 Mk. 70 Pf.

T. X, № 9. **Bruun, Ph.** Notices historiques et topographiques concernant les colonies italiennes en Gazarie. 1866. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. XI, № 13. **Brosset, M.** Études de chronologie technique. Première partie. 1868. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

№ 18. **Brosset, M.** Études de chronologie technique. Première partie. Suite. 1868. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

T. XIII, № 4. **Steinschneider, M.** Al-Farabi (Alpharabius), des arabischen Philosophen Leben und Schriften, mit besonderer Rücksicht auf die Geschichte der griechischen Wissenschaft unter den Arabern. 1869. Pr. 2 R. 10 K. = 7 Mk.

№ 5. **Brosset, M.** Histoire chronologique par Mkhithar d'Aïrivank, XIII^e S., traduite de l'arménien, sur le manuscrit du Musée asiatique. 1869. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 3. **Euting, Jul.** Punische Steine. Mit 46 Tafeln. 1871. Pr. 4 R. 50 K. = 15 Mk.

T. XIX, № 5. **Brosset, M.** Des historiens des XVII^e et XVIII^e siècles. Arakel de Tauriz, registre chronologique. 1873. Pr. 50 K. = 70 Pf.

T. XXIII, № 1. **Dorn, B.** Caspia. Ueber die Einfälle der alten Russen in Tabaristan, nebst Zugaben über andere von ihnen auf dem Kaspischen Meere und in den anliegenden Ländern ausgeführte Unternehmungen. Mit 2 Tafeln. 1875. Pr. 4 R. = 13 Mk. 30 Pf.

№ 6. **Zachariae von Lingenthal.** Beiträge zur Kritik und Restitution der Basiliken. 1877. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 7. **Zachariae von Lingenthal.** Die griechischen Nomokanones. 1877. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXIV, № 1. **Harkavy, Alb.** Altjüdische Denkmäler aus der Krim, mitgetheilt von Abraham Firkowitsch (1839—1872). Mit 1 Tafel. 1877. Pr. 2 R. 50 K. = 8 Mk. 30 Pf.

T. XXVIII, № 7. **E. Zachariae von Lingenthal.** Die Handbücher der geistlichen Rechts aus den Zeiten des untergehenden Byzantinischen Reiches und der Türkischen Herrschaft. 1881. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Juillet, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr. 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 9.

ÜBER

DEN HISTOLOGISCHEN BAU

UND

DIE VERTHEILUNG DER NERVÖSEN ENDORGANE

AUF DEN FÜHLERN DER MYRIOPODEN.

VON

Basil Sazepin.

Mit 3 Tafeln.

(*Lu le 20 décembre 1883.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 50 Kop. = 1 Mrk. 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 9.

ÜBER

DEN HISTOLOGISCHEN BAU

UND

DIE VERTHEILUNG DER NERVÖSEN ENDORGANE

AUF DEN FÜHLERN DER MYRIOPODEN.

VON

Basile Sazepin.

Mit 3 Tafeln.

(*Lu le 20 décembre 1883.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 50 Kop. = 1 Mrk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Juillet, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In vorliegender Schrift sollen alle Antennen-Gebilde, die sich auf den Fühlern der verschiedenen Myriopoden-Arten finden und sich in irgend welcher Weise von gewöhnlichen Haaren unterscheiden, besprochen werden. Trotz des besten Willens, die Beobachtung auf möglichst viele Arten auszudehnen, habe ich mich, was die Ordnung der Chilopoden betrifft, nur auf eine einzige Species aus jeder Familie beschränken müssen, weil ich einerseits bei meinen Excursionen in den Umgebungen Heidelbergs nur auf einzelne Vertreter dieser Ordnung gestossen bin, und andererseits die mir zur Verfügung gestellte Sammlung des hiesigen zoologischen Institutes nicht reich an Chilopoden-Arten ist.

Bisher wurde bei der systematischen Beschreibung der Myriopoden, wie überhaupt der meisten Arthropoden, viel Gewicht auf die Zahl und die verhältnissmässige Grösse der Antennenglieder gelegt, hingegen die auf diesen Gliedern vorhandenen Gebilde — ausgenommen etwa die allgemeine Behaarung — unberücksichtigt gelassen. Indessen sind es gerade diese Gebilde, die als wichtiges, systematisches Kriterium speciell in der Classe der Tausendfüsse dienen können, da sie, wie wir weiter unten sehen werden, ziemlich constant und typisch für die einzelnen Familien sind.

Bei der Beschreibung der Chilopoden soll nur die äussere Form dieser Organe und ihre Vertheilung in den verschiedenen Familien berücksichtigt werden. Indem ich mich auf die Angaben von Voges stütze, des Einzigen, der die Endorgane («borstenförmige Gebilde») der Chilognathen für die Systematik benutzte, sowie auf Grund eigener Untersuchungen, will ich darzulegen suchen, dass letztere, die sogenannten Geruchskegel, charakteristisch für die Ordnung der Chilognathen sind.

Bei der Auseinandersetzung des histologischen Baues dieser Geruchskegel soll ferner auf ähnliche Verhältnisse bei den Hexapoden aus der Ordnung der Hymenopteren, speciell bei der Hornisse, deren Bau von G. Hauser genau beschrieben worden ist, hingewiesen werden.

Zunächst mag ein Verzeichniss von zu dieser Arbeit in Beziehung stehenden Schriften folgen.

1. A. Lefevre: Notes sur le sentiment olfactif des insectes. Ann. Soc. entom. France. Tom. 7. 1838 (p. 395—399).

2. Erichson: De fabrica et usu antennarum in insectis. Berolini, typis fratrum Unger. 4. (15 p. 1. Kupferblatt) 1847.

3. E. Perris: Mémoires sur le siège de l'odorat dans les articulés. Ann. scienc. natur. 3 sér. Tom. 14 (p. 149—178) 1850.

4. E. Leydig: Naturgeschichte der Daphniden. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. (p. 292 Taf. XIII. Fig. 8) 1851.

5. Hicks: On a new structure in the antennae of insects. The transactions of the Linnean soc. of London. Vol. XXII. 1857.

6. Ch. Lespès: Mémoires sur l'appareil auditif des insectes. Ann. Scienc. natur. 4. série IX. (p. 225—249) 1858.

7. Claus: Ueber die von Lespès als Gehörorgane bezeichneten Bildungen der Insecten. Müller's Archiv (p. 552—563). 1859.

8. Ed. Claparède: Sur les prétendus organes auditifs des antennes chez les Coleoptères Lamellicornes et autres insectes. Ann. Scienc. natur. 4 sér. X. (p. 236—250).

9. F. Leydig: Ueber Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insecten. Müller's Archiv (p. 265—314) 1860.

10. H. Landois: Das Gehörorgan des Hirschkäfers. Archiv f. Microscopie.

11. Anatomie von La Valette und W. Waldeyer. 4 Bd. 1868.

12. Noll: Feiner Geruch bei Schmetterlingen. Zoolog. Garten. Bd. 10 (p. 254) 1869.

13. Osc. Grimm: Beiträge zur Kenntniss des feineren Baues der Fühler der Insecten, Bullet. de l'Acad. Imp. des sciences de St. Pétersbourg. Tom. XIV. (p. 66). 1870.

14. Paasch: Von den Sinnesorganen der Insecten im Allgemeinen, von Gehör- und Geruchsorganen im Besonderen. Archiv f. Naturgesch. 39 Bd. (p. 276) 1873.

15. Graber: Ueber Gehörorgane der Insecten. 48. Tagblatt der Naturforscherversammlung. Graz 1875.

16. O. J. B. Wolf: Ueber das Geruchsorgan der Biene. Nova acta der Kaiserl. Leop. Carol. Deutsch. Academie. Tom. 38. 1876.

17. Voges: Beiträge zur Kenntniss der Juliden. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie (Siebold und Kölliker) 31. Bd. 1878.

18. Graber: Ueber neue otocystenartige Sinnesorgane der Insecten. Archiv f. mikrosc. Anat. W. Waldeyer. XVI. 1879.

19. Paolo Mayer: Sopra certi organi di senzo nelle antenne dei Ditteri. Reale Accademia dei Lincei. (1878—1879).

20. Latzel: Die Myriopoden der Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie. Erste Hälfte Die Chilopoden. 1880.

21. Gustav Hauser: Physiologische und histologische Untersuchungen über das Geruchsorgan der Insecten. Zeitschr. für wissenschaftl. Zool. (Siebold und Kölliker) (p. 367—403) 1880.

In allen diesen Schriften stossen wir auf zwei einander gegenüberstehende Meinungen. Bald wird der Gehörsinn, bald der Geruchsinn in die Antennen verlegt. Im ersten Falle werden sämmtliche auf den Fühlern sich vorfindenden Gebilde als Gehörorgane angesehn, auch die gewöhnlichen Haare nicht ausgenommen. Da in den von mir durchgesehenen Arbeiten mit keinem Worte der Abhandlung Grimm's «Beiträge zur Anatomie der Fühler der Insecten» (s. o.) erwähnt wird, so will ich mir bei dieser Gelegenheit erlauben, mich bei ihr etwas aufzuhalten, zumal Grimm's Ansichten, was die verschiedenen Functionen der Fühler anbetrifft, von denen anderer Forscher bedeutend abweichen.

Grimm erklärt die Nervengebilde auf den Antennen von *Oryctes nasicornis* für Drüsen. «Anfangs glaubte ich,» sagt er, «dass es kleine Drüsen sind, die in einem Chitinskelett gelegen, eine Flüssigkeit ausscheiden, welche durch den gemeinschaftlichen Ausführungsgang nach aussen gelangt, in die oben beschriebenen Kanäle sich begiebt und zur Aufnahme der in der Luft schwebenden Substanzen dient.» So könnten sie, meinte er, als Geruchsorgane fungiren, setzt aber hinzu, dieses sei nur eine Voraussetzung von ihm, deren Richtigkeit durch nichts hätte bewiesen werden können. Der Verfasser hat Versuche angestellt mit *Aphodius porcus* und mit *Geotrupes vernalis*, um die mögliche Existenz von Geruchsorganen auf den Antennen dieser Thiere nachzuweisen. Es wurde ein Exemplar mit unbeschädigten Antennen in einen Kasten gebracht, der an einer Seite eine mit Zeug überspannte Oeffnung besass. Nachdem hierauf ein Stück Koth in den Kasten eingeführt worden war, begab sich das Thier augenblicklich zur Oeffnung und suchte das Zeug zu zerreissen. Der nämliche Versuch wurde mit einem Exemplar, dem beide Antennen abgeschnitten waren, wiederholt; «leider» bemerkt Grimm, «achtete ich auf die Palpen nicht.» Der verstümmelte Käfer benahm sich ganz in derselben Weise wie der unversehrte. Auf Grund dieser mehrfach wiederholten Versuche zieht Grimm den Schluss, dass die Fühler der Käfer nicht als Träger von Geruchsorganen angesehen werden können. Eine andere Function wird für diese Organe nicht angegeben, Grimm sagt nur: «dennoch bin ich geneigt anzunehmen, dass die Fühler der Insecten überhaupt nur als Tastorgane fungiren, und nur bei einigen, wie *Oryctes nasicornis*, ihnen auch noch eine andere Function auferlegt ist. Die Frage aber — was für eine? wird durch weitere Forschungen beantwortet werden.» Mit kurzen Worten erklärt sich der Verfasser weiter für die Meinung Leydig's, dass die Palpen ebenfalls Zapfen haben (Leydig's Geruchszapfen und Kegel), und fügt hinzu, dass einige Zapfen der Palpenendlamelle von *Aphodius porcus* höchst entwickelt sind, so dass sie wie grosse unregelmässige Tuberkeln aussehen; ihre Structur ist sehr zart. Auf den Antennen von *Geotrupes stercorarius*

und *G. vernalis* konnten keine speciellen Sinnesorgane aufgefunden werden, wohl aber auf den Palpen beider Arten in Gestalt von Zapfen.

Wieweit obige Versuche als entscheidend angesehen werden können, lasse ich dahingestellt, aber meiner Meinung nach liefert die Arbeit Grimm's keinen Beweis dafür, dass die Geruchsorgane auf den Antennen fehlen, sie bestätigt die Ansicht Leydig's, dass auf den Palpen ebensowohl, wie auf den Antennen ähnliche Gebilde entwickelt sein können, und dass die Palpen von *Aphodius porcus* und *Geotrupes vernalis* und *stercorarius* gut entwickelte Zapfen tragen, die auf den Antennen dieser Thiere fehlen. Leider waren der Arbeit Grimm's die Zeichnungen, auf welche er sich im Text beruft, nicht beigefügt.

Der Meinung Leydig's und Hauser's mich anschliessend, gebrauche ich die Ausdrücke: Geruchsgruben, Geruchskegel, Geruchszapfen, und bitte Diejenigen, welche diesen Organen eine andere physiologische Function beilegen, diese Namen entsprechend zu verändern, — der Sinn der Arbeit wird hierdurch nicht leiden.

Durch physiologische Experimente, die in Gegenwart des Herrn Prof. Dr. Bütschli an *Periplaneta* und *Polydesmus* angestellt wurden, konnte das Vorhandensein von Geruchsorganen an den Antennen nicht constatirt werden. Die Thiere wurden mit verschiedenen festen und flüssigen, stark riechenden Stoffen unter eine Glasglocke gebracht, indessen reagirten sie weder auf Ammoniak-, noch auf Osmiumsäuredünste. Eben so wenig Resultate hatte Anwendung von Essigsäure, Nelkenöl, Campher, altem Käse etc. etc. zur Folge.

Um Verwechselungen zu verhüten, werden hier noch einige Worte am Platze sein, um die Begriffe Kegel und Zapfen einigermaassen zu definiren. Als erstere mögen alle diejenigen Gebilde gelten, welche ausser der Kegelform eine deutliche nach aussen führende Oeffnung zeigen, während alle übrigen, geschlossen endigenden Erhebungen mit Zapfen bezeichnet werden sollen.

In seiner Abhandlung «Ueber Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insecten» verwechselt Leydig diese Begriffe. So z. B. beschreibt er auf pag. 286 die von ihm auf den Endgliedern der Antennen von *Julus terrestris*, *Polydesmus macilentus* und *Glomeris ovalis* gefundenen Kegel, geht dann zur Betrachtung der Chilopoden über und sagt: «sehr deutlich sind die «Kegel» wieder bei den Scolopendren und namentlich bei *Scolopendra* (*Lithobius*) *forficata*», während er weiter unten von den nämlichen Organen bemerkt: «nach der ganzen Länge der vielgliedrigen Antenne steht in der Nähe des Gelenkrandes, und zwar leicht unterscheidbar von den braunen Haarborsten, ein farbloser, schwach gekrümmter, stumpfendigender «Zapfen», dessen Verwandtschaft mit den bisher geschilderten Bildungen Niemand in Abrede stellen kann.» Die Verwandtschaft dieser beiden Organe kann ich, ohne sie einer eingehenden Untersuchung selbst unterworfen zu haben, nicht bestreiten, erlaube mir jedoch auf Grund der Analogie ähnlicher Organe bei Chilognathen solches zu bezweifeln.

Chilopoda.

Geophilus linearis (Fig. 1 u. 2): Die Antennen bestehen aus 14 Gliedern. Die Behaarung des Basalgliedes ist gering und wird zum Endgliede hin stärker, letzteres ist dichtbehaart. Die Haare, welche mit dem Chitin der Fühlerglieder articuliren, so dass sie nach allen Richtungen beweglich sind, sind auf dem Basalgliede lang (Fig. 1) und werden auf den folgenden Gliedern immer kürzer (Fig. 2). Die Geruchszapfen (Leydig, Hauser u. a.), von blassem Ansehen, sind auf dem Endgliede in zwei Längsreihen angeordnet und das hat für die *Geophilus*-Arten im Allgemeinen Gültigkeit. An den übrigen Gliedern konnten sie nie beobachtet werden. In zwei Längsreihen angeordnet, nehmen sie fast den dritten Theil des Gliedumfanges in Anspruch. Das äusserste Gliedende, das eine Gruppe von hellen zugespitzten Cylindern trägt, die sich auch bei *Lithobius* wiederfinden und dort beschrieben werden sollen, ist frei von Zapfen.

Es hat seine Schwierigkeiten, die Geruchszapfen zu zählen, weil sie in einer mulden- oder rinnenförmigen Einsenkung des weichen Chitins stehen, aber es mögen ihrer ungefähr zwanzig in jeder Gruppe vorhanden sein. Sie sind 0,13 mm. lang und werden von den Haaren, zwischen welchen sie stehen, bedeutend überragt. Letztere messen etwa 0,4 mm.

Geophilus Gabrielis (*Himantarium Gabrielis* Linné). Aus der Heidelberger Sammlung. Wie bei *Geophilus linearis*, besteht auch hier die Antenne aus 14 Gliedern. Dreizehn von ihnen sind wenig, das Endglied dicht behaart. Die Haare auf dem Endgliede dieser Species unterscheiden sich von denen der ersten durch ihre Grösse, sie messen 0,052 mm., während die von *Geophilus linearis* 0,108 mm. lang sind. Die Haare auf allen übrigen Gliedern beider Formen sind von gleicher Länge. Von gleicher Grösse und wenig unterschieden sind auch die Zapfen beider Arten, in gleicher Weise und Lage zu beiden Seiten des Endgliedes angeordnet, und auch hier bildet das Chitin eine Einsenkung.

Die blasenförmigen Cylinder, welche von Leydig bei *Lithobius* beobachtet worden sind, befinden sich auch bei *Geophilus Gabrielis* am Ende der Antenne, jedoch nicht in Gruppen geordnet, sondern zerstreut. Die grosse Aehnlichkeit der Antennen und ihrer Organe bei beiden Arten machen eine specielle Abbildung für *Geophilus Gabrielis* überflüssig.

Cryptops hortensis (Fig. 3 und 4): Die Antenne wird hier aus 17 Gliedern zusammengesetzt, die vom Basalgliede zum Endgliede allmählich an Länge und Breite abnehmen. An den ersten 8 Gliedern, vom Basalglied ausgehend, finden sich besondere Gebilde, welche auf Fig. 3 *a*. dargestellt sind. Unsymmetrisch vertheilt und in unbestimmter Zahl, aber etwa so angeordnet, dass die ersten Glieder ihrer 2—3, die letzten 4—5 (5 war die höchste beobachtete Zahl) tragen, stellen sie kleine farblose Härchen dar, welche auf kleinen ebenfalls farblosen Erhabenheiten angebracht sind. Ihre Function liess sich nicht feststellen, als Tastorgane dürften sie schwerlich zu deuten sein, weil sie von den dicht gedrängten, sie umstehenden, gewöhnlichen Haaren um ein Bedeutendes überragt werden.

Vom 7. bis 8. Gliede an tragen die 10 oder 9 Endglieder anders geformte Organe. Es sind das eigenthümliche Zäpfchen von räthselhafter Function (Fig. 4 *a*). Sie sitzen auf dem oberen breiteren Theile des Gliedes gerade an der Stelle, wo das Chitin eine Ausbuchtung zur Articulation mit dem schmäleren Theile des nächstfolgenden Gliedes aufweist. Jedes dieser Zäpfchen, deren eine nicht unbedeutende Anzahl auf jedem Gliede vorhanden ist, misst 0,008 mm. und steht zwischen je zwei 0,037 mm. langen Haaren. Ihrer Einrichtung nach können diese blassgefärbten oder auch farblosen Gebilde nicht für Tastorgane gehalten werden, auch nicht für Geruchsorgane, wie Leydig und Hauser es thun, da sie bei *Cryptops* und bei anderen Chilopoden keine Oeffnung haben.

Die histologischen Details dieser Zäpfchen habe ich nicht näher untersucht und muss mich daher jedes positiven Urtheils über ihre physiologische Function enthalten.

Lithobius forficatus und *borealis* (Fig. 5—8). Eine Schilderung von *Lithobius* ist schon von Leydig gegeben worden, und zwar von der ersteren Art. Der Vollständigkeit wegen will ich hier die Angaben Leydig's kurz recapituliren und meine eigenen Beobachtungen hinzufügen.

Das Chitin auf dem Endgliede der Antenne beider obengenannten Arten ist ganz farblos (Fig. 5 und 7). Auf hervorragenden höckerartigen Theilen des Chitins sitzen, ohne mit demselben zu articuliren, haarähnliche Gebilde die bei *Lithobius forficatus* 0,042 mm., bei *L. borealis* 0,052 mm. lang sind, während die sie unmittelbar umgebenden gewöhnlichen Haare bei *Lithobius forficatus* 0,092 mm., bei *L. borealis* 0,116 mm. messen. Diese Bildungen sind vollkommen farblos wie das übrige Chitin. Ihre Form ist überall dieselbe und erinnert, wie Leydig sich ausdrückt, an zugespitzte Cylinder. Bei *Lithobius borealis* sind sie indessen ziemlich stark gekrümmt und gleichen auf diese Weise eher einer Klaue als einem Cylinder. Leydig zählt fünf solcher Spitzen, jedoch sind bei beiden Arten ihrer acht vorhanden.

Ferner finden sich auf dem Endgliede, nicht weit von der Spitze, sowohl bei *Lithobius forficatus*, als auch bei *L. borealis* drei ganz blasse Zapfen, die bei beiden Arten dieselbe Form besitzen. Auch auf den anderen Gliedern der Antenne finden sich Zapfen: «Auf den anderen Gliedern in der Nähe des Gelenkrandes, leicht unterscheidbar von den braunen Hornborsten, ist ein farbloser, schwach gekrümmter, stumpf endigender Zapfen vorhanden», sagt Leydig. Wie ich mich überzeugt habe, tragen alle Glieder vom 8. an, (vom Rumpf aus gerechnet) solche Gebilde, und diese werden immer zahlreicher, je näher das betreffende Glied dem Endgliede steht. Immer stehen sie auf dem Gelenkrande, aber nicht ringförmig um die Antenne herum, sondern — Leydig scheint das entgangen zu sein — gruppenweise an der äusseren, convexen Antennenseite. Indessen treten solche Zapfen auch auf der inneren, concaven Seite auf, aber dann nur in sehr geringer Anzahl. Auf der inneren Antennenseite von *Lithobius borealis* habe ich sie fast niemals entdecken können. Sie fehlen auch auf dem Basal- und den folgenden 6—7 Gliedern; etwa vom achten Gliede an sind sie schon deutlich wahrnehmbar und messen hier 0,026 mm. Je mehr wir uns dem Endgliede

nähern, um so grösser werden die Zapfen und erreichen schliesslich eine Länge von 0,11 mm. Ihre Anzahl konnte nicht bestimmt werden.

Ausser diesen Organen bemerkt man noch andere, die auf den ersten Blick wie Zapfen aussehen, auch farblos sind, aber mit dem Chitin gelenkartig sich verbinden. Es sind das meiner Meinung nach Dornen, die so characteristisch für einige *Lithobius*-Arten sind, dass sie sogar bei der Systematik in Betracht kommen, und die hier im Zustande des Verfalls oder der Neubildung angetroffen werden (Fig. 5 *a*). Sie sind zugespitzt und stehen in unregelmässigen Abständen von einander und in keiner besonderen Region des Gliedes; die typischen Zapfen dagegen endigen stumpf und haben äusserlich viel mehr Aehnlichkeit mit einem Kegel, als mit einem Dorn. Wie ich noch nachträglich bemerken will, sind auch bei *Lithobius* die Zapfen mit keiner Oeffnung versehen. Aeusserlich haben sie jedenfalls viel Aehnlichkeit mit den Geruchsorganen der Asseln, wie sie Leydig beobachtet und beschrieben hat, wenn man von der Oeffnung und den sogenannten Wimperhaaren dieser letzteren absieht.

Aus Obigem geht hervor, dass die meisten Tausendfüsse aus der Ordnung der Chilopoden Zapfen tragen, und dass dieselben in den einzelnen Familien ziemlich constant und characteristisch angeordnet sind.

Aus der Heidelberger Sammlung erhielt ich einen Tausendfuss, der mit dem Namen *Scolopendra morsitans* bezeichnet war. Die ersten 7—8 Glieder seiner Antennen trugen fast gar keine Haare, statt dessen ähnliche Gebilde, wie wir sie bei *Cryptops hortensis* gesehen haben (Fig. 3 *a*). Etwa vom achten Gliede an kann man zwei Arten von Haaren wahrnehmen, die sich durch ihre Länge von einander unterscheiden, und von denen die kürzeren hakenartig gekrümmt sind. Das Endglied ist wieder spärlicher behaart und zeichnet sich durch seine geringe Grösse aus. An keinem einzigen Gliede dieses Tausendfusses konnten zapfenähnliche Bildungen bemerkt werden.

Scutigera (Species unbestimmt, Fundort Sidney). Aus der Heidelberger Sammlung.

Die Antenne besteht hier aus vielen Gliedern, die mit zweierlei Arten von Haaren versehen sind: die einen überziehen, dicht aneinander stehend, die ganze Antenne, die anderen, von dornähnlicher Form, sind zu vier auf jeder Seite an der Grenze zweier Glieder angeordnet und ragen hier hervor. Irgend welche andere Organe liessen sich bei *Scutigera* nicht nachweisen.

Chilognatha.

Julus foetidus Koch (Fig. 9). Dieselben Organe, die Leydig bei *Julus pulchellus* und bei *Julus terrestris* beschrieben hat, findet man auch bei dieser Art. Ich will zu Leydig's Angaben nur noch Einiges in Bezug auf *Julus foetidus* hinzufügen.

Das Chitin der Antenne ist, wie im Allgemeinen bei den Chilognathen, vollkommen durchsichtig. Dagegen findet sich unter demselben stellenweise in bedeutender Masse angehäuftes Pigment und daher erscheint die Antenne unter dem Mikroskop opak. Sie wird im

Ganzen aus sieben Gliedern zusammengesetzt. Das fünfte Glied — vom Basalgliede an gerechnet — ist an der äusseren, convexen Antennenseite, an der Stelle, wo das Chitin Hervorragungen bildet, mit ähnlichen Gebilden ausgestattet, wie wir sie schon bei den Chilopoden kennen gelernt haben. Es sind das Zapfen. Da wo sie sitzen, ist unter dem Chitin eine beträchtliche Pigmentschicht eingelagert. Auch die Ränder des sechsten und siebenten Gliedes tragen solche Zapfen (Fig. $9b_2b_3$). Die Haare, welche in ihrer Nähe stehen, gehören zu den gewöhnlichen Tasthaaren und übernehmen hier noch die Rolle von Schutzhaaren. Die Zapfen haben auf dem fünften Gliede eine Länge von 0,058 mm. und eine Breite von 0,011 mm. Die Schutzhaare messen auf diesem Gliede 0,163 mm. Auf dem sechsten Gliede beträgt die Länge der Zapfen 0,026 mm., die Breite 0,003 mm. Die Schutzhaare messen 0,106 mm. Auf dem siebenten Gliede sind die Zapfen 0,008 mm. lang und ausserordentlich dünn, die Schutzhaare 0,079 mm. lang.

Zieht man in Betracht, dass das fünfte Glied das sechste fast zweimal an Grösse übertrifft, und das siebente fast viermal, berücksichtigt man ferner die ebengelieferten Zahlenangaben und vergleicht die Grössen der einzelnen Glieder und ihrer Zapfen, so wird man finden, dass sie in gleicher Beziehung zu einander stehen: je grösser das Glied, um so grösser seine Zapfen.

Die Zapfen stellen Cylinder dar, die in den meisten Fällen glashell und durchsichtig erscheinen. Ueberaus selten ist ein Inhalt in diesen Zapfen zu beobachten und ich bin nicht im Stande etwas Näheres über seine Natur und Consistenz anzugeben. Leydig, der die Antennen von einer in Alkohol conservirten *Caprella linearis* Latr. untersucht hat, beschreibt den Zapfeninhalt als «trüb und körnig». Trotz der bedeutenden Grösse der Zapfen, die sogar die der gleich zu erwähnenden Kegel übertrifft, habe ich an ihnen keine Oeffnungen wahrnehmen können.

Auf der Spitze des Endgliedes der Antenne von *Julus foetidus* stehen vier Kegel — Geruchskegel von 0,044 mm. Länge und 0,01 mm. Breite (Fig. 9*a*). Ihr Chitin ist, wie Leydig das schon beobachtet hat, quer gestreift, auch die Oeffnungen hat Leydig bei ihnen gesehn. Weiter unten komme ich auf die näheren histologischen Verhältnisse dieser Gebilde zu sprechen.

Polydesmus complanatus Koch (Fig. 11). Die Antennen bestehen aus sieben Gliedern. Das Pigment unter dem Chitin ist dunkelbraun. Vom fünften Gliede an tragen alle übrigen Zapfen, ähnlich denen, die wir bei *Julus* gesehen haben, aber unterschieden durch ihre geringe Grösse und dadurch, dass sie hier unvollkommen in Haufen gesammelt an der äusseren Antennenseite angeordnet sind, während sie bei *Julus*, allerdings in geringerer Anzahl, die Glieder kranzförmig umgeben. Das fünfte und sechste Glied tragen zwei Arten von Zapfen. Die einen (Fig. 11*b*) sind verhältnissmässig lang — sie messen 0,034 mm., sind ganz blass, gekrümmt und laufen spitz aus. Die anderen sind 0,01 mm. lang und enden stumpf. (Fig. 11,*b*).

Der Zapfenkranz, der bei *Julus foetidus* die Geruchskegel umgiebt, fehlt auf dem End-

glieder von *Polydesmus*. Die Zapfen stehen hier, wie auf den übrigen Gliedern, dicht neben einander an der äusseren Antennenseite, sind ausserordentlich klein, und es gelingt hier nicht mehr, zwei verschiedene Arten zu unterscheiden, alle laufen sie spitz aus (Fig. 11 b_1 b_2). Die Schutzhaare, die vereinzelt an den Zapfenanhäufungen stehen und dieselben um ein Bedeutendes überragen, sind innervirt. Dasselbe soll von den Zapfen des Endgliedes später beschrieben werden.

Betrachtet man eine *Polydesmus*-Antenne von oben, so fällt ein Auswuchs am Endgliede auf (Fig. 11,*x*). Er ist nicht weit vom Gelenkrande, an der äusseren Seite, von der Antenne selbst gleichsam fingerförmig ausgestülpt und hell pigmentirt. Seine Länge beträgt 0,026 mm., und seine Breite 0,018 mm.

Vorläufig möchte ich nur bemerken, dass dieser Auswuchs sich an jeder *Polydesmus*-Antenne wiederfinden lässt, wenigstens war er an allen Individuen von *Polydesmus*, die ich in den Umgebungen von Heidelberg erbeutet, vorhanden. Die vier Geruchskegel von *Polydesmus complanatus* sind, wie die von *Julus*, auf Höckern (Chitinhügeln) angebracht. Sie haben Flaschenform, eine deutliche Oeffnung und messen 0,05 mm.

Es möge an dieser Stelle mit einigen Worten einer Chilognathen-Art erwähnt werden, die ich nicht näher bestimmt habe (Fig. 10). Die Antennenform dieses Tausendfusses, so wie die Gestaltung der Geruchskegel und ihre Anordnung erinnert sehr an *Julus*, während die Pigmentirung der Antennen und die Zapfenlagerung ihn näher zu *Polydesmus* stellen. In ihrer Grösse stimmen die Zapfen mit denen von *Polydesmus* überein. Sie sitzen schaarenweise in Vertiefungen an der Aussenseite des 5., 6. und 7. Antennengliedes.

Gerade diese Anordnung der Zapfen unterscheidet unsere Species scharf von *Julus*. Von *Polydesmus* unterscheidet sie das Fehlen des fingerförmigen Auswuchses am Antennenendgliede. Die bei *Polydesmus* am siebenten Gliede vorhandenen dornförmigen Zäpfchen sind auch hier wahrnehmbar (Fig. 10 b_3).

Polyxenus lagurus De Geer (Fig. 12): Die Antenne ist aus acht Gliedern zusammengesetzt. Das Endglied trägt vier Geruchskegel, die aber nicht auf gleichem Niveau stehn. Zwei sind an der Spitze angebracht (Fig. 12,*a*), die beiden anderen (*b*) etwas tiefer an der äusseren Seite der Antenne; sie sind 0,009 mm. lang und weniger als 0,002 mm. breit. Deutliche Zapfen finden sich an keinem Gliede vor, wohl aber dornartige Gebilde, wie sie in Fig. 12,*c* abgebildet sind.

Glomeris (Fig. 13): Die Antennen sind siebengliederig. Das sechste Glied ist das längste. Das Pigment ist dunkel und breitet sich, wie bei *Julus*, in mächtiger Schicht unter dem Chitin aus, so dass die Antenne undurchsichtig erscheint. An den fünf ersten Gliedern ist keine Spur von Zapfen wahrnehmbar, erst an der äusseren Seite des sechsten Gliedes treten sie in winzig kleiner Gestalt auf. An der äusseren Seite des siebenten Gliedes sind die Zapfen in einer Längsreihe in Form eines Kammes angeordnet (Fig. 13 b_3). Die vier Geruchskegel auf dem Endgliede sind sehr gut entwickelt. Sie haben eine Länge von 0,044 mm. und an der Basis eine Breite von 0,031 mm. Wie bei *Polyxenus* sind sie auch hier in ver-

schiedener Höhe angebracht, und zwar stehen die beiden äusseren höher, als die beiden inneren.

Die «Endknöpfe», wie Leydig die aus der Oeffnung der Kegel herausragenden Nervengebilde genannt, und die er an allen *Julus*-Arten wiedergefunden hat, treten bei *Glomeris* ausserordentlich deutlich hervor (Fig. 16).

Eine unbestimmte Chilognathen-Art (Fig. 14) (aus der Heidelberger Sammlung. Fundort Westindien).

Die Antennen sind schwarz pigmentirt und besitzen wieder sieben Glieder, die ihrer Form nach denen der Gattung *Spirostreptus* sehr ähnlich sind. Von Zapfen war nichts wahrzunehmen, wahrscheinlich weil das Thier durch vieljähriges Liegen in Alcohol zu sehr macerirt war, — selbst die Haare waren von den Antennen abgefallen. Aus dem nämlichen Grunde und weil nur ein einziges Exemplar dieser Art vorhanden war, gelang es nicht den histologischen Bau der Geruchskegel zu erkennen, auch ihre Anzahl kann ich nicht genau angeben und hebe nur hervor, dass die Geruchskegel hier bedeutend zahlreicher sind, als bei den bisher angeführten Chilognathen, es mögen ihrer über zwanzig vorhanden sein. Sie sitzen, wie das im Allgemeinen die Regel ist, auf kleinen Vorsprüngen auf dem Antennengliede, in Reihen angeordnet. Das Chitin war deutlich quergestreift, und die Nervenfasern, die sich zu den einzelnen Kegeln hinbegeben, traten leidlich scharf hervor. Die Länge der Geruchskegel betrug 0,06 mm., ihre Breite 0,015 mm. (s. Fig. 14).

Alle bisher durchgenommenen Chilognathen besassen Geruchsorgane, und letztere sind für diese ganze Ordnung characteristisch. Die Geruchskegel sind gewöhnlich in der Vierzahl vorhanden; alle Chilognathen, die ich in den Umgebungen Heidelbergs erbeutet, trugen vier Geruchskegel auf ihren Antennen. Ausgenommen von dieser Regel bleiben manche ausländische Chilognathen. Schon oben wurde eine westindische Species erwähnt, deren Antennen mit vielen Geruchskegeln ausgestattet waren. Ich möchte noch einige hierauf bezügliche Angaben von E. Voges folgen lassen. Seine Arbeit «Beiträge zur Kenntniss der Juliden» war überhaupt die einzige in der von mir durchgesehenen Literatur, die bei einer systematischen Beschreibung nicht nur Form, Grösse, Färbung der Antennenglieder berücksichtigt, sondern auch die Geruchskegel als Kriterium benutzt.

Voges giebt an, dass in der Gattung *Julus* L. folgende Species am letzten Antennengliede mit vier kegelförmigen Borsten versehen sind: *Julus octoformis*, *cornutus* und *lividus*. Von neunzehn Arten der Gattung *Spirostreptus* (Brandt) tragen achtzehn je vier Kegel, bei *Spirostreptus cameroonensis*, Fundort Cameroons in Afrika, werden sie nicht erwähnt. Von dreizehn beschriebenen *Spirobolus*-Arten tragen sieben je vier Kegel auf den Antennen. Nicht genannt werden sie bei *Spirobolus ligulatus* (Fundort: Lagos, Afrika), *Sp. rugosus* (Fundort: Rangoon), *Sp. hamatus* aus Dopa Siargao und Ubay Bohol. *Sp. holosericus* (Abukit Palaos, Philippinen) hat nur zwei Geruchskegel. Endlich sind die Antennen von *Sp. tegulatus* (West-Afrika) und *Sp. cupulifer* (Bohol, Philippinen) mit zahlreichen kegelförmigen Borsten an den Endgliedern versehen.

Spirobolus decoratus und *Spirostreptus impressus* aus der Heidelberger Sammlung haben je 4 Geruchskegel.

Histologischer Bau der Geruchsorgane bei den Chilognathen. Bevor ich daran ging, den Bau der Geruchskegel an Schnitten zu studiren, wollte ich mir einen allgemeinen Ueberblick über die Ursprungsstellen und über die Articulation der Kegel verschaffen. Das grösste Hinderniss dabei bildet die schon erwähnte, in der Mehrzahl der Fälle mächtige Chitinschicht, die dem Präparate unter dem Mikroscop ein vollständig opakes Ansehn verleiht. Die von Leydig angewandte Kalilauge zerstört zwar das Pigment, wirkt aber zu alterirend auf das Gewebe ein und liefert entstellte Bilder. Salpetersäure verschiedener Concentration führt auch nicht zum Ziele. Den zerstörenden Einfluss des Chloroforms auf manche Pigmente benutzend, liess ich dasselbe auf eine behufs Wasserextraction mit Alkohol behandelte Antenne einwirken. Die Reaction ging äusserst langsam vor sich, das Pigment wurde bedeutend heller, verschwand aber nicht vollständig. Die letzten Spuren desselben zu tilgen, fügt man dem Chloroform am besten einen Tropfen rauchender Salpetersäure bei, sie äussert in diesem Falle keine schädlichen Wirkungen, die Zellenconturen, Faserzüge etc. treten scharf hervor, wie aus Fig. 15 zu ersehen, die nach einer derartig bearbeiteten Antenne gezeichnet wurde. Da die Salpetersäure sich an der Oberfläche des Chloroforms sammelt, so ist ein zeitweiliges Schütteln der Mischung erforderlich. Bereits nach zweistündiger Einwirkung macht sich eine Entfärbung an der Antenne bemerkbar, vollständig tritt sie indessen erst nach vierundzwanzig Stunden ein. Es bietet viele Vortheile dar, eine auf die eben angegebene Weise behandelte Antenne nach Durchführung durch absoluten Alkohol mit Ueberosmiumsäure zu behandeln. Dieses gelingt indessen nur bei Anwendung von ausserordentlich schwachen Lösungen der Säure, denn da die Antennen und namentlich ihre Endglieder überaus reich an nervösen Elementen sind, so werden deren oberflächliche Schichten von einer etwa 0,5%-tigen Osmiumsäure früher dunkel gefärbt, als die Säure in die centralen eindringen kann, und letztere erscheinen unter dem Mikroscop verdeckt. Man bedient sich am besten eines Gemisches von 20 Th. Wasser und 1 Th. einprocentiger Osmiumsäure. Da die chitinösen Theile dem Durchdringen der Säure grossen Widerstand leisten, so dauert es oft 20 Stunden, bis alles Nervöse gleichmässig gebräunt erscheint. Jedenfalls ist es nothwendig die Reaction in ihrem Fortschreiten zu beobachten, bis der richtige Zeitpunkt eingetreten ist. Fig. 15 stellt das 5., 6 und 7. Glied der linken Antenne von *Polydesmus complanatus* dar. In allen Gliedern, abgesehn vom Endgliede, finden sich die Muskeln *m* wieder. Im fünften und sechsten Gliede sind sie in vier Bündel angeordnet, deren zwei längs der äusseren und inneren Seite des Gliedes hinziehen; die beiden anderen, die mächtigeren, laufen mitten über die oberen und unteren Gliedseiten. Diese Bündel sind für jedes Glied gesondert und inseriren sich am hinteren Theile des Gliedes und an der Basis des nächstfolgenden Gliedes.

Der Hauptnervenstamm verläuft an der inneren Antennenseite und ist 0,03 mm. dick. In der vorderen, breitesten Region der Glieder nimmt ein Seitenast vom Hauptstamm seinen

Ursprung und begiebt sich zur Aussenseite des nächstvorderen Gliedes, um die hier befindlichen Zapfen zu innerviren.

Ziemlich an der Basis des 5. Gliedes zertheilt sich der Hauptnervenstamm, nachdem er Aeste zu den Zapfen dieses Gliedes entsandt hat, in mehrere Zweige, deren vier zu den vier Geruchskegeln gehen. Zwei andere, deren Ursprungsstelle ich nicht genau angeben kann, innerviren das fingerförmige, unbekannte Organ (Fig. 15x) und die dornähnlichen Gebilde (Fig. 15b_3).

Der histologische Bau der Geruchsganglien kann nur an Schnitten studirt werden. Da ich annehme, dass mangelhafte Präparation Gustav Hauser zu falschen Vorstellungen von diesem Theil des nervösen Apparates verleitet habe, so möchte ich Einiges über die Behandlung des Materiales für Schnittpräparate angeben.

Um die Luft zu entfernen, bringt man die Antenne am besten frisch für einige Augenblicke in absoluten Alkohol, dann zur Fixirung der Elemente für einen Tag in Picrinschwefelsäure und wäscht sie darauf in 75procentigem Alkohol, der gewechselt und schliesslich durch absoluten ersetzt werden muss, aus. Von Tinctionsflüssigkeiten leistet das Grenacher'sche Alaun-Karmin in vierundzwanzigstündiger Einwirkung die besten Dienste. Hierauf wird das Präparat in Wasser einen Tag lang ausgewaschen und dann entwässert, indem man es für einen Tag in 75procentigen und für einen weiteren Tag in absoluten Alkohol legt. Schliesslich wird die Antenne, nachdem sie durch Chloroform geführt, in Paraffin eingebettet und geschnitten.

Anfangs studirte ich die Geruchsorgane bei *Polydesmus*, weil sie sich bei dieser Art mehr dazu eignen, als bei *Julus*. Aber ein noch bei weitem günstigeres Material liefert *Glomeris*. Die Zellen sind hier viel grösser, als bei allen übrigen Chilognathen, und ihr Zusammenhang deutlicher. Die meisten Zeichnungen sind nach Präparaten von *Glomeris* entworfen worden.

Der Aufbau der Geruchsganglien ist bei allen Chilognathen im Grossen und Ganzen der nämliche. Jeder der vier Geruchskegel besitzt sein eigenes Ganglion (Fig. 18 *Glomeris*, Fig. 22 *Polydesmus*). Auf den feineren Bau der Nervenfasern einzugehn, dürfte hier kaum von Interesse sein, da sie sich durch nichts von denjenigen unterscheiden, die zur Genüge von Remak und Valentin an Flusskrebsen und von vielen Anderen an Arthropoden studirt und beschrieben worden sind.

Das Neurilemm der Nervenstämme erstreckt sich auch auf die dazugehörigen vier Ganglien. Bevor es noch die Ganglien erreicht, steht es zwischen den Nervenstämmen in Verbindung durch Ausläufer, die ein Balkensystem bilden. Auch das Neurilemm der Ganglien ist durch zahlreiche Fortsätze verbunden und bildet eine Art gemeinschaftlicher Scheide um die vier Ganglien. Stellenweise ist es von Kernen durchsetzt, deren Inhalt feinkörnig ist. Hier und da entsendet das Neurilemm, wie das aus dem Querschnitt Fig. 20 ersichtlich wird, Fortsätze zu den Hypodermiszellen.

Was den Bau der Ganglien selbst betrifft, so besteht ein jedes aus zwei Zellengruppen, deren vordere aus bedeutend kleineren Zellen gebildet wird, als die hintere, bei welcher letztern die Zellen verhältnissmässig grosse, schlauchförmige Gebilde darstellen. In ihrem breitesten Theile haben sie einen Durchmesser von 0,007 mm. Sie sind bipolar, enthalten einen grobgekörnten Kern und bilden die Fortsetzung des an sie herantretenden Nervenstammes, welchen sie eine ziemliche Strecke lang umgeben. Aus der Analogie mit *Vespa Crabro*, deren Geruchsganglien, wie wir weiter unten sehen werden, bedeutend einfacher gebaut sind, dürfte, was sich bei den Tausendfüsslern bedeutend schwieriger verfolgen lässt, angenommen werden, dass die Fibrillen der Nervenstämme sich mit dem hinteren Pole dieser Ganglienzellen vereinigen. Weiter nach vorn nehmen die schlauchförmigen Zellen eine schräge Lage ein, indem sie ihren vorderen Pol, der in eine nach vorn ziehende Nervenfaser ausläuft, zum Centrum des Ganglion richten.

Die vordersten Zellen der hinteren Gruppe sind am meisten geneigt, und ihre vorderen Fortsätze kreuzen die hinter ihnen entspringenden Nerven. Alle die Grenze der beiden Zellengruppen überschreitenden Nervenfasern richten sich nach vorn und vereinigen sich entweder gleich mit den hier kleinen Ganglienzellen, oder sie dringen zu Bündeln vereinigt zwischen ihnen durch und treten erst später mit ihnen in organischen Zusammenhang. Diese Bündel durchsetzen bei *Glomeris* (Fig. 19*c*) die vordere Zellengruppe allerorts ohne jede Ordnung, bei *Polydesmus* dagegen halten sie in ihrem Verlauf, wie ein Querschnitt zeigt (Fig. 22), eine gewisse Symmetrie ein. In den beiden oberen Gruppen verlaufen sie an der oberen Seite, in den beiden unteren Gruppen an der unteren Seite, dabei nähern die vier Bündel sich paarweise in der Medianlinie. Die die vordere Gruppe des ganzen Ganglion bildenden kleinen Zellen, sind auf Fig. 16*b* im Längsschnitt und auf Fig. 19 im Querschnitt von *Glomeris* abgebildet. Fig. 21 stellt diese Zellen bei *Polydesmus* im Längsschnitt und Fig. 22 im Querschnitt dar. Sie bestehen fast nur aus einem Kern mit feinkörnigem Inhalt. Das Protoplasma umhüllt den Kern als zarte Kapsel und schickt Fortsätze aus. Die Zellen liegen zu einzelnen Complexen vereinigt dicht aneinandergedrängt und ihre Contouren sind sehr schwer wahrzunehmen. Auch sie entsenden, wie die schlauchförmigen Zellen, Nervenfasern nach vorn. An der Stelle, wo die Zelle in den Nerven übertritt (Fig. 16*e*), erscheinen eigenthümliche spindelförmige, körnige Gebilde. Ob diese als selbstständige Zellen gelten können, oder nur als Anschwellungen der Nervenfasern anzusehen sind, lässt sich schwer entscheiden, da die Verhältnisse hier ausserordentlich subtil sind. Selbst der weitere Verlauf dieser Nervenfasern ist schwer zu verfolgen und scheinen diese auf den ersten Blick zu anastomosiren und so ein Nervengeflecht zu Stande zu bringen. Erst Querschnitte zeigen, dass dieses Netz bindegewebiger Natur ist, aller Wahrscheinlichkeit nach ein Product des Neurilemms, das sich hier unter Maschenbildung verzweigt. Die Nervenfasern treten dann, sich vielfach nach rechts und nach links wendend, durch die Maschen hindurch und an die Kegel heran. Hier verschwindet das bindegewebige Geflecht, und die Nervenfibrillen durchziehen eng aneinandergereiht und einander parallel die Kegel.

Das Chitin der Kegel articulirt mit dem Chitin des Endgliedes und ist 0,002 mm. dick. Es wird aus zwei Schichten zusammengesetzt, deren innere die mächtigere ist. Zur Kegelspitze hin verdünnt sich das Chitin und lässt eine Oeffnung frei, (Fig. 16*o*) durch welche der von Leydig bei *Julus terrestris* beschriebene Endknopf herausragt. Dieser Endknopf ist weiter nichts als die Spitze des Riechkolbens (Fig. 16*k*); er kann scheinbar aus der Kegelöffnung herausgestossen und wieder eingezogen werden, vielleicht auf passive Weise durch das Biegen und Strecken der Antenne.

Die parallelen Nerven lassen sich innerhalb der Geruchskegel eine 0,03 mm. lange Strecke verfolgen und gehen dann in den Geruchskolben über, die Uebergangstelle ist deutlich markirt. In dem Kolben selbst bleiben die Nerven noch 0,016 mm. weit sichtbar, sie verändern hier ihre Natur, was sich aus dem Umstande ergiebt, dass sie in höherem Maasse Farbstoffe imbibiren. Die Spitze des Geruchskolben (Endkolben) erscheint homogen, die fibrilläre Structur geht vollständig verloren, und es treten dicht hinter einander zwei quere resp. ringförmige Streifen auf, die sich in einzelne neben einander gereihte Striche auflösen lassen. Es scheinen diese Streifensysteme den von G. Hauser bei *Vespa Crabro* beschriebenen oberen und unteren Reihen von Stäbchen (Stäbchenkranz) zu entsprechen.

Auf Fig. 16*d* sind Zellen dargestellt von langgestreckter Form mit Fortsätzen, die einerseits im Chitin ihr Ende finden. Diese Zellen sind feingekörnt und bilden sammt ihren Fortsätzen eine Art von Scheide um die vorderen Gruppen der Ganglienzellen. Führt man einen Querschnitt durch diese Region, so erscheinen 4 Ringe, die aus diesen Zellen bestehen (Fig. 18*d*). Ein Zusammenhang dieser Zellen mit den kleinen Ganglienzellen liess sich, ausgenommen in einigen zweifelhaften Fällen bei *Glomeris*, nirgend constatiren. Ich halte sie für modificirte Matrixzellen.

Unbekanntes (fingerförmiges) Organ von Polydesmus (Fig. 15, 21, 22*x*). Bei der Beschreibung der äusseren Form der Antenne von *Polydesmus complanatus* wurde an der äusseren Seite des Endgliedes, nicht weit von der Articulationsstelle mit dem vorletzten Glied ein fingerförmiges Gebilde erwähnt. Selbst an ganz jungen Exemplaren, deren Antennen noch pigmentlos sind, ist dieses Organ wahrzunehmen. Auf Fig. 15*x* sind Nerven, die herantreten, abgebildet, aber weder an Quer-, noch an Längsschnitten liess sich die Ursprungsstelle dieser Nerven vom Hauptstamme ermitteln. Auf den ersten Blick scheint dieses Organ an der Spitze eine Oeffnung zu besitzen, bei genauerer Betrachtung stellt sich aber heraus, dass diese scheinbare Oeffnung ein verdicktes etwas eingesenktes Chitinfeld ist. Sowohl Längs-, als Querschnitte weisen im Innern dieses Organs spindelförmige Zellen mit deutlich sichtbarem Kern auf. Die äusseren Enden dieser Zellen laufen in Fasern aus, die sich zur Spitze richten, sie erreichen jedoch das verdickte Chitinfeld nicht, sondern enden 0,008 mm. vor demselben. Die Basalregion, unmittelbar unter den spindelförmigen Zellen ist reich an Pigment. Ueber die Function dieses Organs lässt sich nichts angeben.

Vergleich des Aufbaues der Geruchsorgane bei den Chilognathen und bei Vespa Crabro. Bei den Chilognathen bestand der Geruchsapparat erstens aus grossen Ganglienzellen, welche

einerseits mit dem Hauptnervenstamme der Antenne im Zusammenhang standen, andererseits Fortsätze nach vorn entsandten, und zweitens aus kleinen Ganglienzellen, die sich mit diesen Fortsätzen verbanden und Nerven nach vorn ausschickten, die innerhalb der Kegel die sogenannten Geruchskolben (Endkolben) bildeten.

Bei *Vespa Crabro* treten uns ähnliche Verhältnisse entgegen. Ich will mich hier hauptsächlich auf die Arbeit von Gustav Hauser berufen, die fast alle Ordnungen der Insecten umfasst und namentlich *Vespa Crabro* in verschiedenen Entwickelungsstadien eingehend berücksichtigt.

Meine Studien beschränken sich nur auf ganz entwickelte Thiere, und unternahm ich sie, weil es auffällig erschien, dass der Geruchsapparat, der bei den Chilognathen so complicirt erscheint, nach Hauser bei *Vespa Crabro* und anderen Hexapoden sich verhältnissmässig so überaus einfach gestalten soll. Bei Schilderung der Orthopteren, dem Ausgangspunkte seiner histologischen Untersuchungen, sagt Hauser: «Der einer jeden Geruchsgrube zugehörige nervöse Apparat besteht aus einer grossen Stäbchenzelle von ovaler Form, welche an ihrem vorderen Pole etwas ausgezogen ist» und weiter: «die Entwickelungsgeschichte des gleichen Endapparates bei *Vespa Crabro* L. zeigt nun, dass der grosse eiförmige Theil der Zelle als deren Kern aufzufassen ist, während der kleinere nach vorn ausgezogene, unmittelbar hinter dem Stäbchen gelegene Theil der eigentlichen Zelle entspricht.» Wie ich mich überzeugt habe, ist der eiförmige Theil, den Hauser für den Kern hält, ein Complex von Ganglienzellen, und wird die Verbindung des Endapparates mit einem der grossen Antennennerven nicht, wie genannter Forscher meint, durch eine einzige Nervenfaser, die an die Basis der Zelle herantritt, hergestellt, sondern durch einen Nervenstamm, der sich in einzelne Nervenfasern auflöst, die dann ihrerseits an die Ganglienzellen herantreten (Fig. 23*b*). Die Zellen sind fast rund oder oval, haben ein körniges Aussehen, und ihre Hauptmasse besteht aus dem Kern. Diese Zellen schicken Nervenfasern aus zum dünneren, ausgezogenen Theile des Riechapparates. Der basale Theil des Endapparates von *Vespa Crabro*, bestehend aus den eben beschriebenen Zellen, dürfte also als der hinteren Gruppe grosser Ganglienzellen bei den Chilognathen entsprechend anzusehen sein.

Im ausgezogenen Theile des Riechapparates finden sich immer Zellen, die deutlich mit den Nervenfasern in Verbindung treten, die von den basalen Ganglienzellen nach vorn ausgesandt werden. Ausserdem nehmen von diesen Zellen Nervenfasern ihren Ursprung, die nach vorn zu den Geruchskegeln sich richten. Die Zahl dieser Ganglienzellen ist grösser, als Fig. 23c_2 zeigt. Hauser äussert sich hierüber folgendermassen: «Der ursprüngliche Kern dieser Zelle nimmt, wie die Zelle selbst, an Grösse zu und theilt sich schliesslich in zwei Kerne, von welchen der untere zum bleibenden Kern entwickelt, während der obere sammt dem oberen Zellenabschnitt zur weiteren Bildung des Endapparates verwandt wird.... leider konnte ich den Akt der Theilung des ursprünglichen Kerns nicht beobachten, da hierzu Puppen eines noch jüngeren Stadiums nöthig gewesen wären.» Dann bei der Schilderung des zweiten Stadiums: «Eine bedeutende Veränderung ist an den Sinneszellen vor sich ge-

gangen. Der obere Kern hat sich aufgelöst und statt seiner finden wir zwei bis drei kleinere körnig getrübte Kerne.»

Das, was Hauser für den unteren Kern hält, entsprach als Zellencomplex der hinteren Gangliengruppe der Chilognathen, Hausers oberer Kern ist nach Obigem auch ein Zellencomplex und kann mit der vorderen Gruppe kleiner Ganglienzellen der Chilognathen verglichen werden.

Aus dem Umstande, dass der angeschwollene Theil (Fig. 23*a*) der Riechorgane sich auch an den Tastborsten wiederfindet, nicht aber der ausgezogene Theil (*b*), dürfte man schliessen, dass letzterer in nächste Beziehung zur Geruchsempfindung tritt. Da nun die Hornisse bedeutend geruchsempfindlicher ist, als die Chilognathen, so könnte es auffallen, dass dieser Theil hier im Vergleich zu den Chilognathen bedeutend reducirt erscheint, wenn diese mangelhafte Ausbildung nicht ersetzt werden würde durch die ungeheure Anzahl der Riechorgane. Bei den Chilognathen haben wir nur in seltenen Fällen mehr als vier Geruchskegel gefunden, bei *Vespa Crabro* zählt Hauser an jedem Fühler 13000—14000 Geruchsgruben und 700 Kegel.

Was schliesslich diese Geruchsgruben anbetrifft, so sind sie von den Kegeln nicht scharf zu trennen. Dass der nervöse Apparat bei beiden in gleicher Weise aufgebaut ist, sagt schon Hauser; nur in den Grössenverhältnissen treten Differenzen auf: der Längsdurchmesser des angeschwollenen Theils beträgt bei den Kegeln 0,1 mm., bei den Gruben 0,08 mm. (Fig. 23a_1, a_2). Der äussere, chitinöse Theil stellt bei den Geruchsgruben, wie aus Fig. 23 und aus Hausers Abbildungen erhellt, auch nur eine Modification der Kegel dar. Die Gruben sind weiter nichts als Kegel, die nicht über die Oberfläche der Antenne herausragen. Betrachtet man einen Fühler von der Oberfläche, so treten an den, den Geruchsgruben entsprechenden Stellen ellipsoide Bildungen auf, die Hauser mit Spaltöffnungen bezeichnet. Es ist das weiter nichts als, wenn man sich so ausdrücken darf, eine Zusammenquetschung des Kegellumens, an welcher nur die oberste Chitinschicht theilnimmt; senkt man den Tubus des Mikroskops, so erscheint das Lumen wieder kreisförmig. Diese Spaltöffnungen, die nur an Geruchsgruben wahrzunehmen sind, schliessen also in gewissem Maasse das Innere des Endapparates vom äusseren Medium ab. Indessen auch ihr ausschliessliches Vorkommen an den Gruben bietet kein typisches Unterscheidungsmittel letzterer von den Kegeln, da nach Hauser die mit *Vespa* zunächst verwandten Gattungen, die Ichneumoniden, Braconiden und Cynipiden keine Spaltöffnungen besitzen.

Von der Existenz der von Hauser an den Spaltöffnungen neben seiner «Sinneszelle» gefundenen und von ihm als membranbildend bezeichneten Zellen habe ich mich trotz der grössten Sorgfalt nicht überzeugen können; auch von der Endigungsweise der Nerven im apicalen, dem Geruchskolben und Endknopf der Chilognathen entsprechen Theile der Riechorgane von *Vespa Crabro* habe ich mir kein genaues Bild verschaffen können, weil es immer misslang, eine auch nur einigermaassen differente Tinction in dieser Region zu erzielen.

Nachtrag.

Ich habe noch in einigen Worten eine Arbeit von Eduard Gaffron: «Beiträge zur Anatomie und Histologie von Peripatus» zu berücksichtigen, die ich zu spät erhielt, als dass ich sie von vorn herein hätte in Betracht ziehen können.

Sehr interessant ist der Umstand, dass *Peripatus* Endorgane besitzt, die den Geruchsorganen der Chilognathen und Hexapoden entsprechen. Gaffron bezeichnet sie mit «Wärzchen» und nimmt die Tastfunction für sie in Anspruch.

Im Gegensatz zu allen bisher beobachteten Fällen sind die Endorgane bei *Peripatus* nicht ausschliesslich auf den Antennen vorhanden (leider giebt der Verfasser ihre Vertheilung hier nicht an, und bemerkt nur, dass sie auf den Fühlern zahlreich und gleichgestaltet sind), sondern auch auf dem Rücken des Thieres und an der Aussenseite der Füsschen.

An der unteren Seite letzterer, dort wo sie den Boden berühren, finden sich 3—5 quere Wülste oder Polster, welche den Füsschen ein gegliedertes Aussehen verleihen und nach Grube verschmolzene Reihen von Wärzchen sein sollen. Indessen geht Gaffron wohl zu weit, wenn er in der Annahme, das *Peripatus* nur auf diese Wülste auftritt, sagt: «wenn auch die Mehrzahl dieser Organe (Wärzchen) Tastempfindungen vermittelt, so ist doch nicht ausgeschlossen, dass dieselben rein locomotorischen Zwecken dienen können.» Erst müsste überhaupt bewiesen werden, dass diese Wülste etwas mit den Tastorganen Gemeinschaftliches haben. In Gaffrons Text ist das nicht genügend motivirt, und auch die Abbildung der sogenannten «Stachelplatte» erweist deren Abkunft von den Tastorganen nicht.

Während meiner ganzen Arbeit habe ich mich jedes eignen positiven Urtheils über die Function der Endorgane enthalten und mich im Allgemeinen der Ansicht derjenigen Forscher anschliessen zu müssen geglaubt, die dieselben für Geruchsorgane ansehen. Diese Anschauungsweise wird indessen erheblich erschüttert durch die Verbreitung der Endorgane bei *Peripatus* fast über den ganzen Körper mit Ausschluss der Bauchfläche, und diese Vertheilung hat Gaffron auf die Vermuthung gebracht, es handele sich hier um Tastorgane. In den einzelnen Details entsprechen sie den Endorganen der Hexapoden und chilognathen Myriopoden. Aus Gaffrons leider oberflächlicher Beschreibung und Abbildung des histologischen Baues lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die hier vorhandenen zweierlei Zellengruppen solchen der Chilognathen so wie dem angeschwollenen (Kern d. Riechzelle nach Hauser) und dem ausgezogenen Theile des Hornissenendorganes entsprechen, dass ferner der

«hohle Stachel» von *Peripatus* in dem Hauser'schen Riechstäbchen und in ähnlichen Gebilden der Chilognathen sein Analogon findet.

Wenden wir uns nochmals zu den Chilognathen: Wie die beigefügten Abbildungen zeigen, erscheint der äusserste Theil der Endorgane, der dem Hauser'schen Riechstäbchen entspricht, sehr verkürzt, wahrscheinlich zu Gunsten des Kolbens, aber trotzdem erreicht seine Spitze die Chitinoberfläche des Kegels und verschliesst hier die Oeffnung, kann also auf diese Weise bei einem etwaigen Tastversuche mit Gegenständen der Aussenwelt in Berührung kommen. Es ist also ein Tastvermögen à priori nicht ausgeschlossen, und können erst künftige physiologische Experimente hier entscheiden. Anders verhält es sich bei den Hexapoden. Ihre Riechstäbchen erreichen die Spitze des Kegels nicht, die inneren Kegel (Riechgruben) werden sogar von verschiedenen dornähnlichen Fortsätzen überragt, so dass in diesem Falle von einem Tastvermögen schlechterdings nicht die Rede sein kann.

Wir haben also einen Uebergang von *Peripatus*, wo der «hohle Stachel» aus dem Kegel heraustritt, zu den Chilognathen, wo das entsprechende Gebilde bis ans Kegelende reicht, von diesen zu den Hexapoden, wo das Riechstäbchen im Kegel verborgen sitzt, und schliesslich werden die Kegel selbst innere Organe — Riechgruben.

Ich kann nicht schliessen ohne meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. O. Bütschli, meinen innigsten Dank auszusprechen für die Anleitung bei meiner Arbeit und für das Interesse, das er ihr hat angedeihen lassen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. *Geophilus linearis* Basales und nächstfolgendes Glied der Antenne. Vergr. 305.

Fig. 2. *Geophilus linearis.* Die beiden äussersten Antennenglieder. *a* Zapfen, *b* blasse Cylinder. Vergr. 305.

Fig. 3. *Cryptops hortensis.* Die drei vordersten Antennenglieder. *a* Zäpfchen. Vergr. 690.

Fig. 4. *Cryptops hortensis.* 3. und 4. Glied (vom Endglied gerechnet). *a* Zapfen. Vergr. 690.

Fig. 5. *Lithobius fortificatus.* Die zwei vordersten Glieder. *a* Endcylinder (Leydig), *b* Zapfen. Vergr. 305.

Fig. 6. *Lithobius fortificatus.* Das 31. und 32. Glied. *a* Zapfen. Vergr. 305.

Fig. 7. *Lithobius borealis.* Die beiden vordersten Glieder. *a* Endcylinder, *b* Zapfen. Vergr. 460.

Fig. 8. *Lithobius borealis.* Das 28. und 29. Glied. *a* Zapfen. Vergr. 460.

Fig. 9. *Julus foetidus.* Die drei vordersten Glieder. *a* Geruchskegel, b_1, b_2, b_3 Zapfen, c_1, c_2, c_3 Schutzhaare. Vergr. 305.

Fig. 10. Unbestimmte Chilognathen-Art. Die drei vordersten Glieder. *a* Geruchskegel, b_1, b_2, b_3 Zapfen, c_1, c_2, c_3 Schutzhaare. Vergr. 305.

Fig. 11. *Polydesmus complanatus.* Bezeichnung wie oben. *x* unbekanntes Organ. Vergr. 305.

Fig. 12. *Polyxenus lagurus.* *a*, *b* Geruchskegel. Vergr. 305.

Fig. 13. *Glomeris* (Species unbestimmt) *a*, *b* Geruchskegel b_2, b_3 Zapfen. Vergr. 305.

Fig. 14. Chilognathen-Species aus Westindien. *a* Geruchskegel. Vergr. 305.

Fig. 15. *Polydesmus complanatus.* Die Antenne war entfärbt worden. *a* Geruchskegel, *b* Zapfen, *c* Schutzhaare, *x* unbekanntes Organ, *m* Muskeln, *n* Nervenstamm, *n*, Abzweigung vom Nervenstamm zu den Zapfen b_2, *e* hintere Gruppe grosser Ganglienzellen, *d* vordere Gruppe grosser Ganglienzellen Vergr. 690.

Fig. 16. *Glomeris.* Längsschnitt durch die Antennenspitze. *a* Geruchskegel, *b* Gruppen der kleinen Ganglienzellen, *d* Hypodermiszellen, *e* die zwei Systeme von Stäbchen, *ch* Chitin der Kegel, *g* Nervenfasern, *k* Riechkolben mit den durchtretenden Nerven *i*, *o* Oeffnung der Kegel. Vergr. 465.

Fig. 17. *Glomeris.* Dünner Längsschnitt durch die Region der kleinen Ganglienzellen. Vergr. 465.

Fig. 18. *Glomeris.* Schiefer Querschnitt durchs Antennenglied. *a* Kegel, *ch* Chitin, *f* Nervenfasern, *g* an der Kegelbasis durchschnittene Nervenfasern, *d* Hypodermiszellen. Vergr. 465.

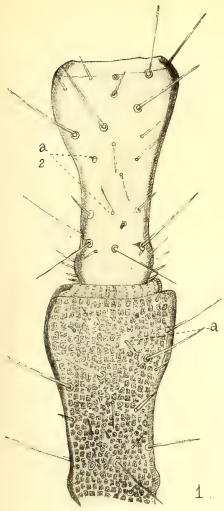
Fig. 19. *Glomeris.* Querschnitt durch die vordere Gruppe kleiner Ganglienzellen *b*; *c* Fasern der grossen Ganglienzellen. *ch* Chitin, *m* Muskeln, *p* Pigment. Vergr. 465.

Fig. 20. *Glomeris.* Querschnitt durch die hintere Gruppe grosser Ganglienzellen *a*; *c* ihre Nerven, *B* Neurilemm, *m* Muskeln, *ch* Chitin, *H* Hypodermiszellen, *p* Pigment. Vergr. 465.

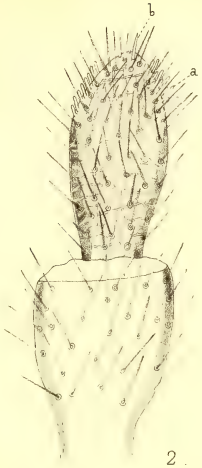
Fig. 21. *Polydesmus complanatus.* Längsschnitt durch die beiden vordersten Antennenglieder. *a* Geruchskegel, *b* Zapfen, *x* fingerförmiges Organ, *o* dessen verdicktes Chitinfeld. Vergr. 465.

Fig. 22. *Polydesmus complanatus.* Querschnitt, geführt durch die Region der kleinen Ganglienzellen. *x* fingerförmiges Organ, mat. Hypodermiszellen, *b* kleine Ganglienzellen, *c* Fasern der grossen Ganglienzellen, *ch* Chitin, z Spindelförmige Zellen im fingerförmigen Organ.

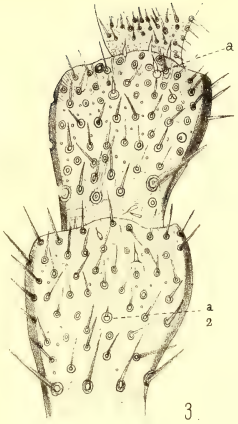
Fig. 23. *Vespa Crabro.* Querschnitt durch die Antenne. c_1, c_2 äusserster, schmaler Theil der Geruchsganglien, a_1 a_2 breiter Theil der Geruchsganlien, *n* Nervenstamm, *b* Eintrittsstelle in die Geruchsganglien, *h* Hypodermiszellen, (äuss. *k*) äussere Kegel, (inn. *k*) innere Kegel oder Gruben. Vergr. 465.



1.



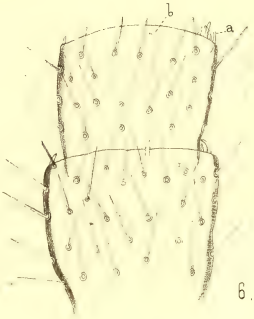
2.



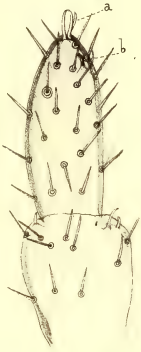
3.

4.

5.

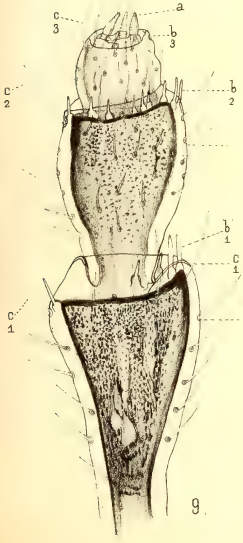


6.



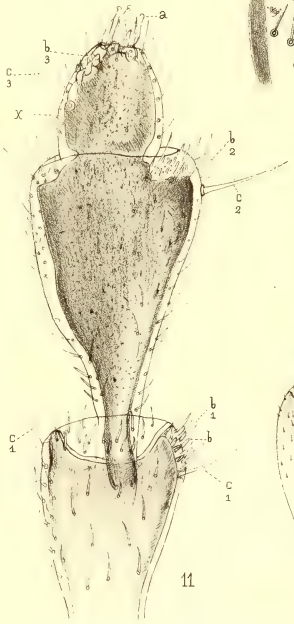
7.

8.

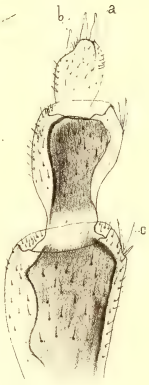


9.

10.

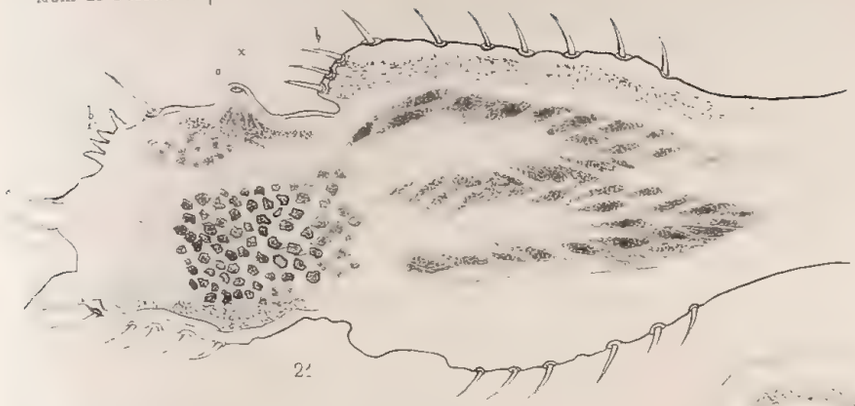


11.

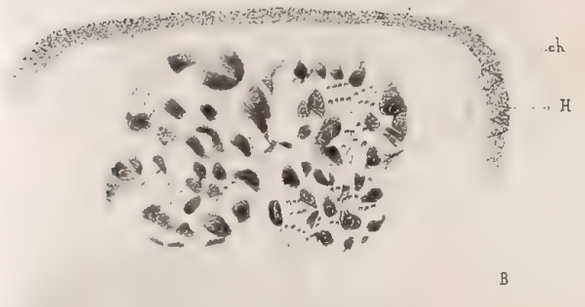


12.

Lith. Ch. Ivanson. Peterb. Seite. d. Prosp. №1. St. Petersb.



21



20

19

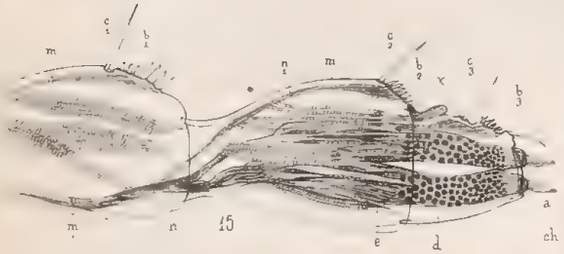
22

17

13

14

23



15

18

16

Lith Ch. Ivanson Peterb. Seite. G. Prosp. №1 St Petersb

Ouvrages publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences par rapport aux animaux évertébrés:

T. IV, № 5. **Paulson, O.** Zur Anatomie von Diplozoon paradoxum. 1862. Mit 1 Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.
№ 8. **Weisse, J. F.** Zur Oologie der Rädertiere. 1862. Mit 1 Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.
T. V, № 5. **Knoch, J.** Die Naturgeschichte des breiten Bandwurms (Bothriocephalus latus Auctt.) mit besonderer Berücksichtigung seiner Entwickelungsgeschichte. 1862. Mit 2 Taf. Pr. 1 R. 25 K.=4 Mk. 20 Pf.
T. VI, № 3. **Morawitz, A.** Beitrag zur Käferfauna der Insel Iesso. Lief. I. Cicindelidae et Carabici. 1863. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.
№ 10. **Owsjannikow, Ph.** Ueber die feinere Structur des Kopfganglions bei den Krebsen, besonders beim Palinurus locusta. 1863. Mit 1 Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.
T. VIII, № 1. **Bremer, O.** Lepidopteren Ost-Sibiriens, insbesondere des Amur-Landes. 1864. Mit 8 Taf. Pr. 2 R. 30 K. = 7 Mk. 70 Pf.
T. X, № 2. **Kowalewsky, A.** Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Loxosoma neapolitanum sp. n. 1866. Mit 1 Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.
№ 3. **Kowalewsky, A.** Anatomie des Balanoglossus delle Chiaje. 1866. Mit 3 Taf. Pr. 45 K.=1 Mk. 50 Pf.
№ 4. **Kowalewsky, A.** Entwickelungsgeschichte der Rippenquallen. 1866. Mit 5 Taf. Pr. 75 K.=2 Mk. 50 Pf.
№ 8. **Stepanof, P.** Ueber Geschlechtsorgane und Entwickelung von Ancylus fluviatilis. 1866. Mit 1 Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.
№ 15. **Kowalewsky, A.** Entwickelungsgeschichte der einfachen Ascidien. 1866. Mit 3 Taf. Pr. 45 K.=1 Mk. 50 Pf.
T. XI, № 3. **Owsjannikow, Ph., u. Kowalewsky, A.** Ueber das Centralnervensystem und das Gehörorgan der Cephalopoden. 1867. Mit 5 Taf. Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.
№ 6. **Kowalewsky, A.** Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Holothurien. 1867. Mit 1 Taf. Pr. 25 K.= 80 Pf.
№ 17. **Owsjannikow, Ph.** Ein Beitrag zur Kenntniss der Leuchtorgane von Lampyris noctiluca. 1868. Mit 1 Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.
T. XIII, № 1. **Brandt, A.** Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Libelluliden und Hemipteren mit besonderer Berücksichtigung der Embryonalhülle derselben. 1869. Mit 3 Taf. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.
T. XIV, № 5. **Ganin, M.** Ueber die Embryonalhülle der Hymenopteren- und Lepidopteren-Embryonen. 1869. Mit 1 Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.
№ 8. **Metschnikof, E.** Studien über die Entwickelung der Echinodermen und Nemertinen. 1869. Mit 12 Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.
T. XV, № 3. **Miklucho-Maclay, N.** Ueber einige Schwämme des nördlichen Stillen Oceans und des Eismeeres. Ein Beitrag zur Morphologie und Verbreitung der Spongien. 1870. Mit 2 Taf. Pr. 40 K.=1 Mk. 30 Pf.
№ 8. **Grimm, O.** Die ungeschlechtliche Fortpflanzung einer Chironomus-Art und deren Entwickelung aus dem unbefruchteten Ei. 1870. Mit 3 Taf. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.
T. XVI, № 6. **Brandt, A.** Ueber Rhizostoma Cuvieri Lmk. Ein Beitrag zur Morphologie der vielmundigen Medusen. 1870. Mit 1 Taf. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.
№ 8. **Brandt, A.** Anatomisch-histologische Untersuchungen über den Sipunculus nudus L. 1870. Mit 2 Taf. Pr. 60 K. = 2 Mk.
№ 12. **Kowalewsky, A.** Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. 1871. Mit 12 Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.
T. XVII, № 12. **Grimm, O.** Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung und Entwickelung der Arthropoden. 1872. Mit 1 Taf. Pr. 50 K. = 1 Mk.
T. XIX, № 8. **Baer, K. E. v.** Entwickelt sich die Larve der einfachen Ascidien in der ersten Zeit nach dem Typus der Wirbelthiere? 1873. Mit 1 Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.
T. XXI, № 12. **Brandt, A.** Ueber die Eiröhren der Blatta (Periplaneta) orientalis. 1874. Mit 1 Taf. Pr. 40 K.=1 Mk. 30 Pf.
T. XXII, № 8. **Dybowski, W.** Die Gasteropoden-Fauna des Baikal-Sees, anatomisch und systematisch bearbeitet. 1875. Mit 8 Taf. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.
T. XXIV, № 10. **Dogiel, J.** Anatomie und Physiologie des Herzens der Larve von Corethra plumicornis. 1877. Mit 2 Taf. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.
T. XXV, № 8. **Grube, Ed.** Annulata Semperiana. Beiträge zur Kenntniss der Annelidenfauna der Philippinen. 1878. Mit 15 Taf. Pr. 3 R. 70 K. = 12 Mk. 30 Pf.
T. XXVI, № 7. **Merejkowsky, C.** Études sur les éponges de la mer Blanche. 1878. Avec 3 pl. Pr. 80 K.=2 Mk. 70 Pf.
T. XXVII, № 6. **Dybowski, Dr. W.** Studien über die Spongien des Russischen Reiches, mit besonderer Berücksichtigung der Spongien-Fauna des Baikal-Sees. 1880. Mit 4 lith. Taf. und 2 Holzschn. im Text. Pr. 1 R. 20 K. = 4 Mk.
T. XXX, № 10. **Dybowski, Dr. W.** Studien über die Süsswasser-Schwämme des Russischen Reiches. 1882. Mit 3 lith. Taf. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.
№ 11. **Martens, E. v.** Ueber centralasiatische Mollusken. 1882. Mit 5 Taf. Pr. 1 R. 40 K. = 4 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Août, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr. 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 10.

STUDIEN

ÜBER

KRYSTALLE UND KRYSTALLITE.

VON

A. Famintzin.

Mit 3 Tafeln.

(*Lu le 29 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel)

Prix: 65 Kop. = 2 Mrk. 20 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 10.

STUDIEN

ÜBER

KRYSTALLE UND KRYSTALLITE.

VON

A. Famintzin.

Mit 3 Tafeln.

(*Lu le 29 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 65 Kop. = 2 Mrk. 20 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Août, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9e ligne, № 12.)

Es sind zwei ganz verschiedene Arten von Formen bekannt, welche die Materie anzunehmen sich bestrebt, nämlich: Krystalle und organisirte Gebilde, aus denen die Organismen aufgebaut werden. In beiden Fällen werden, unter bestimmten Verhältnissen, aus bestimmten Stoffen, constant dieselben bis in die münitiösesten Details identische Formen erzeugt. In diesem Punkte verhalten sich die Krystalle und die Organismen einander ähnlich, in allen übrigen Verhältnissen sind sie dagegen, den gegenwärtigen Ansichten nach, vom Grunde aus so verschieden, dass es wohl schwer hält grössere Contraste zu finden. Dem starren, leblosen, von Kanten, Ecken und ebenen Flächen begrenzten Krystalle gegenüber steht der fortwährenden Veränderungen unterworfene, aus lebendigen Zellen zusammengesetzte Organismus. Die zum Aufbau des Krystalls dienenden chemischen Stoffe befinden sich schon fertig gebildet in dem ihn erzeugenden Medium und sein Wachsen besteht nur in der Aneinanderlagerung der in der Lösung vorhandenen Molekülen an diejenigen, die sich schon zum Krystall zusammengefügt haben. Das Wachsthum der Krystalle ist daher ausschliesslich ein oberflächliches, äusseres. Ganz anders wird der lebendige Organismus aufgebaut: sein Wachsen ist immer mit einer ganzen Reihe bestimmter und äusserst complicirter chemischer Processe unzertrennlich verbunden; es werden in seinen Zellen neue Stoffe erzeugt, den Wachsthumscentren nach befördert und dort wird ihnen, beim Aufbau der Organe, eine ganz bestimmte organisirte Form eingeprägt, welche, wie bekannt, im Gegensatze zum Krystall, abgerundete Conturen und eine geschichtete Struktur besitzt.

Es schien mir von ganz besonderem Interesse zu erforschen, ob die den organisirten Gebilden eigene und höchst charakteristische Form und Struktur den chemischen Verbindungen, die sie constituiren, eigen sind oder ihnen nur durch Nebenumstände, welche ihre Ablagerung innerhalb des Organismus begleiten, eingeprägt werden.

Im letzteren Fälle wäre es der Mühe werth zu untersuchen ob nicht derselbe formbildende Trieb, der die Krystalle aufbaut auch hier, wenn auch in abgeänderter Form, zu

Tage tritt. Dann würden die Krystalle und die organisirten Gebilde als zwei verschiedene Aeusserungen desselben Krystallisationstriebes zu betrachten sein.

Um diesen letzteren Satz zu prüfen liegen zwei Wege vor: 1) die Erzeugung ausserhalb des Organismus solcher Gebilde, welche mit den organisirten der Form und Struktur nach identisch wären; 2) das Aufsuchen und Studium der in der leblosen Natur vorkommenden Krystalliten d. h. solcher Gebilde, welche sowohl von den Krystallen, als auch von organisirten Producten lebendiger Zellen abweichen.

Meiner Ansicht nach kann man hoffen mit der Zeit auf diese Weise die enorme Kluft, welche den Krystall von der lebendigen Zelle zu trennen scheint, allmählig zu ebnen, ganz in der Weise, wie es schon gelungen ist die scheinbare Grenze zwischen dem Thier- und dem Pflanzenreich, durch das Studium mikroskopischer Organismen, zu streichen.

Ich glaube den ersten Schritt in dieser Richtung gethan zu haben in meiner in den Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg im Jahre 1869, unter dem Titel: «Amylumartige Gebilde des kohlensauren Kalkes» publicirten Arbeit. Leider ist diese Schrift, wahrscheinlich wegen der geringen Verbreitung der oben citirten Verhandlungen, nur Wenigen bekannt geworden und wird von keinem der Forscher, welche später diesen Gegenstand behandelt haben, citirt. Um ganz klar vor Augen den Werth dieser Arbeit zu legen will ich sie hier wörtlich anführen und erst bei späterer Gelegenheit diejenigen Zusätze als auch Berichtigungen, welche, meinen neuesten Untersuchungen nach, darin zu machen wären anbringen.

Der Text meiner obenerwähnten Arbeit lautet:

«Die Stärkekörner werden fast allgemein als organisirte Gebilde betrachtet und von den bedeutendsten Forschern, ihrer Struktur und Entwickelung nach, der Membran der Zellen an die Seite gestellt. Sachs[1]) bezeichnet die Stärke als eine im eminentesten Sinne organisirbare Substanz, die nach ihm immer in organisirter Form erscheint. Auf der Seite 505 des Lehrbuchs spricht er von organisirten Gebilden, zu denen er die Zellhaut und die Stärkekörner rechnet. Bisher waren stärkekörnerartige Gebilde niemals ausserhalb der Thiere und Pflanzen gefunden, weshalb sie als ausschliessliche Produkte der lebendigen Zelle betrachtet werden. Desto überraschender ist es, dass man, wie ich es gleich zeigen werde, aus dem, durch das Zusammenbringen der Lösungen von Chlorcalcium und des kohlensauren Kali, entstehenden kohlensaurem Kalke den Stärkekörnern identische Gebilde erzeugen kann, Gebilde die aus Kern und concentrischen Schichten bestehen und nicht nur in der Struktur, sondern auch in ihrer Entwickelung mit den Stärkekörnern eine vollkommene Analogie darbieten.

Dass der kohlensaure Kalk, unter Umständen, einen aus Kugeln bestehenden Niederschlag bilden kann ist schon von mehreren Forschern beobachtet und die Kugeln sind auch

1) Sachs, Lehrbuch der Botanik (1868) p. 55.

abgebildet worden, namentlich von Funke[1]), Link[2]), Rose[3]), Harting[4]), von Robin und Verdeil[5]). Allein Link und Rose haben die Struktur der Kugeln gar nicht berücksichtigt und sie als Uebergangsformen zum krystallinischen Niederschlage angesehen. Harting gibt an in einigen dieser Gebilde einen gekörnten Kern, von dem manchmal Strahlen nach der Peripherie gehen, gesehen zu haben; geschichtete Kugeln dagegen hat er gar nicht gesehen und, nach den von ihm gegebenen Zeichnungen zu urtheilen, hat er nur kleine ungeschichtete Formen beobachtet. Die ausführlichste Beschreibung und Darstellung dieser Gebilde fand ich in dem citirten Werke von Robin und Verdeil. Unter den verschiedenartigen abgebildeten Formen des kohlensauren Kalks kommen auch kugelige geschichtete Formen vor, unter denen sogar auf Tafel III, Figur 2 mehrere, die den zusammengesetzten Stärkekörnern entsprechen. Die geschichteten Gebilde sind aber von ihnen nur in dem Urin des Pferdes gefunden worden. Es liess sich demnach von vorn herein nicht entscheiden ob es selbstständige Formen des kohlensauren Kalkes oder vielleicht durch organische Substanzen erzeugte, von Kalk aber nur inkrustirte Gebilde waren.

Ich stellte mir daher zur Aufgabe diese Gebilde durch das Zusammenbringen des Chlorcalciums und des kohlensauren Kalis zu erzeugen. Es zeigte sich, dass die Form des Niederschlages wesentlich durch die Art der Mischung und verschiedene andere äussere Umstände bedingt wird. Von allen äusserst mannigfaltigen Formen die der kohlensaure Kalk annehmen kann, will ich hier nur die amylumartigen Gebilde umständlich betrachten, indem ich mir vorbehalte die anderen Formen späterhin zu beschreiben.

Die amylumartigen Gebilde entstehen nur unter ganz bestimmten Umständen. Um sie zu erzeugen ist es nöthig ganz concentrirte Lösungen der Salze zusammenzubringen, wobei die Clorcalciumlösung immer im Ueberfluss zu nehmen ist, und dann zu ihnen ganz allmählig Wasser hinzukommen zu lassen. Am bequemsten lassen sich die Gebilde auf Glasplättchen durch Zusammenbringen kleiner Tropfen dieser Lösungen erzeugen. Allein wenn man diese Mischung auf einer Objectplatte vornimmt, so wird der Versuch ziemlich unsichere, schwankende Resultate geben, da es unmöglich ist die Concentration der angewandten Flüssigkeit nach Belieben zu reguliren. Durch das allmählige Verdunsten des hinzugefügten Wassertropfens wird die Concentration immerwährend geändert; ausserdem aber ist es unentbehrlich das verdunstete Wasser durch einen neuen Tropfen zu ersetzen, und also noch öfters die Concentration der Mischung plötzlich zu ändern.

Ich will jetzt zur Beschreibung der Vorrichtung übergehen, mit deren Hülfe es möglich ist amylumartige Gebilde des kohlensauren Kalks von der Grösse der Kartoffelstärke-

---

1) Funke, Atlas für die physiologische Chemie. T. XIV f. 5.

2) Link, Ueber die Bildung fester Körper. Berlin 1841.

3) Rose, Abhandlungen d. Berl. Academie. 1856. S. 1 ff. 1858. S. 63 ff. Rose, Annalen der Physik und Chemie. 1860. Bd. XXI. p. 156.

4) Harting, Das Mikroskop. 1866. Bd. II. p. 176.

5) Robin und Verdeil, Traité de chimie anatomique et physiologique. T. II. p. 220 ff.

körner zu erzeugen und eine und dieselbe Kugel von ihrem ersten Erscheinen bis zur völligen Entwickelung zu verfolgen. Zu diesem Zwecke liess ich in der Mitte einer 3 bis 4 Mm. dicken Glasplatte eine kreisförmige Oeffnung von etwa 5 Mm. Durchmesser durchbohren. Die eine Seite dieser Oeffnung, diejenige die während der Beobachtung nach Unten gewendet wird, verschloss ich dann durch ein Deckblättchen, welches ich mittelst Kitt befestigte. An derselben Seite der durchbohrten Platte wurden zwei Glasleistchen angekittet, um das Deckblättchen vor Zerbrechen zu schützen. Auf dem Boden der so gebildeten Vertiefung wurde ein Wassertropfen gebracht. Ein anderes Deckblättchen, auf welches die beiden Tropfen der Lösungen des Chlorcalciums und des kohlensauren Kalis dicht an einander gebracht waren, wurde mit der die Tropfen tragenden Seite über die Oeffnung gelegt und mit ein wenig Wachs an die Objectplatte befestigt. Auf diese Weise wurde ein mit Wasserdampf gesättigter Raum dargestellt, aus dem die Lösungen der oben genannten Salze Wasserdampf ganz allmählig einsaugten.

Die Vorgänge, welche man bei dieser Beobachtungsmethode wahrnimmt sind folgende: Im Momente des Zusammenbringens der beiden Tropfen entsteht an ihren einander grenzenden Theilen eine durchsichtige Membran. In ihr erscheinen nach einigen Minuten viele sechsseitige kleine krystallinische Tafeln eingesprengt, die bald in der Fläche der Membran, bald schief oder senkrecht zu ihr gestellt sind. Ein jedes dieser Täfelchen wird bald zum Centrum vieler welligen Linien, welche in der Fläche der Membran liegen und sich nach allen Seiten ausbreiten bis sie die von den nächsten Platten ausgehenden Linien treffen. Auf diese Weise wird die Membran in polygonale Felder getheilt. Dieses Aussehen behält sie aber nur wenige Minuten. Es erscheinen in ihr andere verschiedenartige Bildungen, die aber alle nach einander rasch verschwinden. Die Struktur der Membran zu dieser Zeit ist mir noch nicht gelungen genau zu verfolgen.

In derselben Zeit beginnt auch der kugelförmige Niederschlag des kohlensauren Kalks sich zu bilden, und zwar immer ohne Ausnahme im Chlorcalcium, in dem an die Membran nächsten Theile des Tropfens. Es erscheinen kaum sichtbare Kügelchen, die aber rasch an Volumen zunehmen und unter den Augen des Beobachters äusserst oft in zusammengesetzte Formen zusammenfliessen. In ihnen ist Anfangs kein Kern und auch keine Spur von Schichten zu sehen. Erst nachdem sie beträchtlich angewachsen sind, erscheint plötzlich ein anfänglich immer fester Kern und es wird eine Differenzirung der Substanz der Kugel in concentrische Schichten sichtbar. Ich habe öfters direkt die Erscheinung des Kerns und der Schichten beobachtet. In den meisten Gebilden (obwohl nicht immer) wird zuerst der Kern nach $^1/_2$ bis 1 Stunde, von seinem ersten Erscheinen nach gerechnet, sichtbar; die Schichten kommen dann später zum Vorschein. In dem Anfangs soliden Kern erscheint sehr oft, mit der Zeit, eine Vacuole; die Substanz des festen Kernes bildet dann eine die Vacuole umgrenzende solide Schicht. Die später um den Kern sich bildenden Schichten werden aussen von den schon gebildeten angelegt. In den Fällen aber, wo die Schichtung vor dem Erscheinen des Kernes eintritt, geht sie in dem äussersten Theile der Kugel zuerst vor.

Die grössten amylumartigen Gebilde des kohlensauren Kalks werden immer dicht an der Membran angelegt und sind anfangs fast gänzlich von den schon vorhandenen kleineren Kugeln verdeckt. Es ist mir daher bis jetzt noch nicht möglich gewesen ihre Entstehung und Heranbildung direct zu verfolgen. Sie werden erst dann der genauen Beobachtung zugänglich, wenn der sie enthaltende Chlorcalcium-Tropfen durch das Aufsaugen des Wassers vergrössert, die ihn von dem kohlensauren Kali trennende Membran durchbricht und die grossen amylumartigen Gebilde in Menge hinaustreibt. An den jetzt ganz frei liegenden Kugeln kann man sowohl die Struktur als auch die Differenzirung ihrer Masse in Kern und Schichten direct verfolgen. Unter diesen Gebilden findet man den verschiedensten Stärkekörnern analoge Formen auf, die sowohl den einfachen als zusammengesetzten und halbzusammengesetzten Stärkekörnern ganz entsprechen, eine ausserordentlich deutliche Schichtung und einen kugeligen oder bisquitartigen Kern, nicht selten deren mehrere, dem Anscheine nach in Theilung begriffene Kerne erkennen lassen[1]).

Die Analogie dieser Gebilde mit den Stärkekörnern lässt sich noch weiter verfolgen. Nägeli unterscheidet an den Stärkekörnern eine äussere Schicht, die sich, nach ihm, dadurch charakterisirt, dass sie der Wirkung der die Stärkekörner auflösenden Reagentien um vieles länger als alle übrigen Schichten widersteht, weshalb er dieser Schicht einen grösseren Cellulosegehalt als allen übrigen beilegt. Etwas ganz ähnliches lässt sich an den amylumartigen Gebilden des kohlensauren Kalkes wahrnehmen, wenn man, zu dem sie enthaltenden Tropfen, ein wenig des mit Essigsäure angesäuerten Wassers hinzufügt. Die Auflösung dieser Gebilde geht dann sehr langsam vor und man kann auf's deutlichste beobachten, dass auch hier sich die innere Masse leichter löst, die äussere Schicht aber als ganz durchsichtiges Säckchen, nach dem vollständigen Verschwinden ihres Inhaltes, eine Zeitlang noch der Wirkung der Essigsäure widersteht.

Endlich bieten die amylumartigen Gebilde in der Bildung zusammengesetzter Formen eine grosse Analogie mit den Stärkekörnern dar. Hier wie dort werden sie entweder durch Zusammenfliessen einfacher Formen, oder auch durch deren Theilung zu Stande gebracht. Höchst merkwürdig ist es dabei, dass in dem letzten Falle die Trennungsflächen der sich theilenden Gebilde der Lage nach vollkommen den Scheidewänden der Pflanzenzelle entsprechen. Ist das sich theilende Gebilde eine Kugel, so wird sie entweder durch eine einzige Trennungsfläche in zwei gleiche Theile getheilt, oder durch deren zwei, die dann senkrecht zu einander gelagert sind und beide durch den Kern gehen. Hat dagegen das sich

---

1) Um ein Missverständniss zu vermeiden, glaube ich anführen zu müssen, dass die amylumartigen Gebilde des kohlensauren Kalks in einem Punkte, auf den Nägeli ein hohes Gewicht zu legen scheint, mit der von Nägeli geschilderten Entwickelung der Stärkekörner nicht übereinstimmen. Sie zeigen namentlich nichts von dem nach Nägeli hauptsächlich in dem innern Theile stattfindenden Wachsthume. Indem ich die kritische Auseinandersetzung dieser Behauptung mir vorbehalte, will ich hier nur erwähnen, dass die von Nägeli angeführten Beweise, meiner Meinung nach, unzureichend sind und ich deshalb diesen Satz auch für die Stärkekörner als unbewiesen erachte.

theilende Korn eine unsymmetrische Form und erfolgen in ihm mehrere Theilungen, so erscheinen die Trennungsflächen eine nach der anderen und zwar ganz der Lage und Ordnung nach, wie die Scheidewände der sich mehrfach theilenden Zelle. Merkwürdiger Weise verwandeln sich einige Male die sich so getheilten Formen in Drusen.

Alle eben angeführten Analogien die die amylumartigen Gebilde mit den Stärkekörnern darbieten reichen nach meiner Ansicht vollkommen hin um ihre Identität mit denselben festzustellen und führen also nothwendiger Weise zu dem Schlusse, dass die Stärkekörner als mechanischer Niederschlag angesehen werden müssen.

Da aber weiter die zwischen den Gebilden des kohlensauren Kalks und den Stärkekörnern aufgefundenen Analogien keineswegs die schon zwischen den Stärkekörnern und der Zellwand festgestellten Analogien aufheben, so ist man demnach berechtigt zu erwarten, dass auch mehrere andere, bis jetzt nur im lebenden Organismus beobachteten Gebilde auf rein mechanische Wirkungen sich zurückführen werden lassen.

Die oben angeführten Beobachtungen bieten noch in einer anderen Hinsicht grosses Interesse: es wird durch sie die jetzt herrschende Ansicht über die Grenze zwischen den Organismen und der sogenannten todten Natur wankend gemacht, und es wird dadurch die Untersuchung dieser Frage ganz in derselben Weise angeregt, wie etwa vor Jahrzehnten die Arbeiten über die Grenzen der Thier- und Pflanzenwelt durch die Entdeckung der einfachsten Organismen in Menge hervorgerufen wurden.

Besonders wichtig scheint es mir jetzt auf die zwischen den Krystallen und den amylumartigen Gebilden äusserst mannigfaltigen Zwischenformen des kohlensauren Kalks Acht zu geben. Das Studium dieser letzteren wird gewiss viel, sowohl zur Kenntniss des Wesens der Zelle als des Krystalls beitragen können.

Die merkwürdige Eigenschaft bald in vollkommenen Krystallen, bald in geschichteten Gebilden sich zu gestalten scheint nicht blos auf den kohlensauren Kalk beschränkt zu sein. Es ist diese Eigenschaft auch für die Kieselerde von Max Schultze[1]) nachgewiesen worden, wobei er leider die geschichteten Gebilde der Kieselerde sehr wenig berücksichtigt hat. Er hat sie namentlich in der, bei der Gegenwart der Wasserdämpfe aus dem Fluorkieselgas sich ausscheidenden Kieselerde beobachtet.

Es lässt sich weiter mit grosser Wahrscheinlichkeit dasselbe für das Inulin erwarten. Inulin kommt, wie bekannt, in den Pflanzenzellen nur gelöst vor, lässt sich aber mittelst Alkohol niederschlagen. Wenn grosse Stücke irgend eines inulinhaltigen Pflanzentheiles, z. B. Stücke der Dahlia-Knollen, in Weingeist gelegt werden, so scheidet er sich in den Zellen in kugeligen, mehr oder weniger regelmässigen Massen von ganz eigenthümlichem Ansehen aus, die Sachs[2]) mit dem Namen der Krystalloide belegte. Sie lassen sowohl con-

1) Max Schultze, Die Struktur der Diatomeenschalen, verglichen mit gewissen aus Fluorkiesel künstlich darstellbaren Kieselhäuten. Bonn 1863. (Aus den Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalen.)

2) Sachs, Botanische Zeit. 1864. p. 77.

centrische Schichten, als auch eine sehr deutlich ausgesprochene radiale Anordnung ihrer Masse erkennen. Beim Vergleichen dieser letzteren mit den verschiedenartigen Gebilden des kohlensauren Kalks habe ich unter ihnen auch den Krystalloiden des Inulins vollkommen entsprechende Formen gefunden. Woraus also zu schliessen war, dass die den ächten Krystallen und amylumartigen Gebilden des kohlensauren Kalks entsprechende Formen auch aus dem Inulin gewiss erzeugt werden können, da die jetzt allein bekannten Krystalloide des Inulins Uebergangsformen zwischen diesen und jenen sind. Und obwohl bis jetzt von mir nur einige wenige Versuche in dieser Richtung angestellt sind, so habe ich doch schon das Inulin in kleinen kugeligen einfachen und zusammengesetzten Formen erhalten, die den kleinen Stärkekörnern genau entsprechen, obwohl sie noch keine Kerne und Schichten enthalten.

Späteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten die hier angeführten, das Inulin betreffenden Vermuthungen zu prüfen, als auch andere Körper sowohl in amylumartigen Gebilden, als in Krystallen zu erhalten suchen».

Im Jahre 1872 erschien Harting's Abhandlung: «Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations calcaires organiques», welche hauptsächlich den kohlensauren Kalk zum Gegenstande hatte; er erzeugte diesen Niederschlag indem er in den Lösungen verschiedener organischer Körper, wie Eiweiss, Gelatine, Leim und andere, Calciumchlorid mit Kaliumcarbonat hineinbrachte. Aus seinen zahlreichen Experimenten hat er unter Anderem folgende Schlüsse gezogen: In der Gegenwart von stickstoffhaltigen Verbindungen, wie Eiweiss, Leim und andere, wird der kohlensaure Kalk in der Form von Sphärokrystallen niedergeschlagen; den vorigen der Consistenz nach ähnliche aber stickstofflose Verbindungen z. B. Gummi üben dagegen keine solche Wirkung aus, in ihrer Gegenwart wird der kohlensaure Kalk in Krystallen erhalten. Nach ihm, und, wie ich unten zeigen werde, auch nach Hansen wird der Zusatz von gewissen organischen Verbindungen als eine nothwendige Bedingung für die Erzeugung von Sphärokrystallen betrachtet. Nach meinen oben beschriebenen Versuchen können Sphärokrystalle von kohlensaurem Kalk auch bei Abwesenheit organischer Verbindungen in dem Gemische von concentrirten Lösungen des Calciumchlorids und des Kaliumcarbonat erzeugt werden. Auf ihrer Oberfläche ist auch in diesem Falle ein der Auflösung stärker widerstehendes Häutchen nachweisbar.

Seit Harting's Arbeit ist dieser Gegenstand bis zum Jahre 1883, als ich wieder auf ihn meine Aufmerksamkeit richtete, von Niemandem berührt worden. Wenigstens ist mir ausser Ord's Untersuchungen über Krystallite des kohlensauren Kalkes, die ich leider nur im kurzen Auszuge aus Groth's Zeitschr. f. Krystallographie kenne, nichts derartiges bekannt. A. Meyer's Angaben über Sphärokrystalle der Kohlenhydrate, die er als den Stärkekörnern entsprechende Gebilde darstellt, werden weiter unten behandelt werden.

Indessen ist vor einigen Monaten von Hansen eine Abhandlung[1]) über Sphärokry-

1) Ad. Hansen. Ueber Sphärokrystalle, Arbeit. d. bot. Instit. z. Würzburg. B. 3, H. 1, p. 92.

stalle publicirt worden, die er mit folgenden Worten beginnt: «Die Veröffentlichung der in den folgenden Blättern mitgetheilten Beobachtungen dürfte vielleicht jetzt einen Nutzen bringen, da bei der Diskussion über das Wachsthumsgesetz der Stärkekörner, welches durch Schimper's Untersuchungen wieder zur Sprache gekommen ist, die Sphärokrystalle und ihr Wachsthum mehrfach erwähnt worden sind. Zahlreiche Angaben über diese Körner sind nun aber nicht nur bezüglich ihrer chemischen Natur, sondern auch bezüglich ihrer Wachsthumsweise unrichtig und vor der Richtigstellung dieser Verhältnisse ein Vergleich mit den Stärkekörnern unfruchtbar und irreleitend».

Als Ausgangspunkt dienten ihm die Sphärokrystalle der *Euphorbia Caput Medusae*, welche sich in reichlichster Menge im Parenchym des Grundgewebes eines lange Zeit in Weingeist aufbewahrten Sprossendes dieser Pflanze gebildet hatten. Er untersuchte dann die Sphärokrystalle von *Angiopteris evecta* und *Marattia cicutaefolia*, als auch die der *Mesembryanthemum*-Arten. Hansen betrachtet alle diese Bildungen als aus einem löslichen Calciumphosphat bestehend. Nach ihm sollen die Sphärokrystalle nicht in fester Form, sondern ursprünglich als Tropfen entstehen, welche im Zelleninhalte durch Alkohol ausgeschieden, durch Krystallisation fest werden. Er hat die Entwickelung der Sphärokrystalle an Schnitten, welche aus Pflanzentheilen, die in verdünntem Alkohol gelegen hatten, beobachtet. Ein Wachsthum durch Auflagerung findet nach ihm nicht statt. Der einmal festgewordene Sphärokrystall wächst überhaupt nicht mehr; er nimmt nur so lange an Grösse zu, als er sich noch im Tropfenzustande befindet, und man kann, nach Hansen, hier weder von Apposition, noch von Intussusceptionswachsthum reden, da es sich hier nur um die Vergrösserung eines Flüssigkeitstropfens handelt. Hansen lässt unentschieden ob diese Sphärokrystalle im Zellsaft oder in der Substanz der Protoplasma sich bilden. Er hat aber diese Tropfen immer von einem feinen Häutchen umgeben gesehen. Die Entstehung dieses Häutchens erscheint, nach ihm, am plausibelsten bei der Annahme, dass die Tropfen sich im Protoplasma selbst ausscheiden. Hansen hat auch die Bildung der Sphärokrystalle von Inulin einer Untersuchung unterworfen. Nach ihm scheiden sich auch die letzteren als von einem Häutchen umgebene Tropfen aus, welche erst später krystallinisch erstarren und weisen dabei eine den Calciumphosphatsphärokrystallen ganz ähnliche Struktur auf, nämlich: eine dichte, deutlich krystallinische und aus radialen Nadeln bestehende Schale, welche einen amorphen, leichter löslichen Kern umgiebt. Die Nädelchen, welche die Schale bilden, sind zuweilen wirklich isolirt, zuweilen ist dieses nicht der Fall und die krystallinische Struktur der Schale erscheint dann als radiäre Schichtung. Um weitere Aufschlüsse über die Struktur der Inulinsphärokrystalle zu erhalten behandelt er sie mit warmen Wasser: die Kugeln schmelzen dann nicht von Aussen, sondern unter einer bleibenden, oft ziemlich dicken Hohlkugel löste sich der amorphe Kern auf; erst bei energischer Behandlung mit dem lösenden Medium löste sich auch die krystallinische Schale. In den meisten Fällen machte sich bei allen Inulinsphärokrystallen viel deutlicher als bei den früher beschriebenen eine concentrische Schichtung bemerkbar. Dieselbe wurde durch die radial stehenden

Nadeln der Schale meist verdeckt, bei genauer Einstellung oder beim Behandeln mit Lösungsmitteln deutlich. Hansen erklärt die concentrische Schichtung dadurch, dass auch im Innern des Sphärokrystalls deutlich krystallinische Schichten sich bilden, welche aber zwischen sich amorphe Schichten einschliessen. Der Sphärokrystall besteht also nach Hansen aus abwechselnd amorphen und krystallinischen Schichten. Aussen liegt immer eine dichte Schicht.

Hansen hat ferner ausserhalb der Zellen, den Angaben Harting's zu Folge, Sphärokrystalle von kohlensaurem Kalk als auch die des Calciumphosphats dadurch erzeugt, dass er dem Hühnereiweiss Calciumchlorid zusetzte. Ihre Entstehung soll nach ihm ganz in derselben Weise als die der oben beschriebenen innerhalb der Zellen beobachteten stattfinden. Sie entstehen nach ihm als Tropfen, mit dem Unterschiede nur, dass ihre Erstarrung schneller vor sich geht als in den Zellen.

Diesen Angaben Hansen's kann ich nur in einem Punkte zustimmen, nämlich darin, dass die concentrische Struktur der Sphärokrystalle nicht eine Folge des Wachsthums durch Apposition sei; meinen oben erwähnten Untersuchungen nach, werden diese Schichten durch nachfolgendes Zerklüften in concentrische Kugeln der anfangs amorphen Masse erzeugt; dass aber die Schichtenbildung nicht durch Krystallisation der Masse verursacht, sondern durch eine noch unbekannte Ursache zu Stande gebracht wird, glaube ich durch die von mir an geschichteten Myelingebilden angestellten Beobachtungen unwiederleglich bewiesen zu haben. Die Schichtenbildung lässt sich an ganz amorphen Gebilden manchemal im Verlauf von wenigen Minuten an dem einen und demselben Exemplare aufs deutlichste beobachten, obwohl an eine Krystallisation dieser Myelinmassen nicht gedacht werden kann.

Meiner Meinung nach geht also die Schichtenbildung in den von mir, Harting und Hausen studirten Krystalliten, den Myelinkörpern, den Krystalloiden der Eiweisskörper und die Lamellenbildung in der Zellenmembran und den Stärkekörnern in einer und derselben Weise, nämlich durch Spaltung der vorher einförmigen Masse parallel der Oberfläche in eine gewisse Anzahl von Schichten (Lamellen) vor. In Hinsicht der mit einer einzigen secundären Schicht versehenen Zellen ist die Analogie der Schichtenbildung der Krystalliten und Myelingebilden vollkommen. Die Zellen mit mehreren secundären Schichten, welche nach Dippel, sich allmählich, durch Apposition an der inneren Seite der älteren sich bilden, als auch die Stärkekörner, bei denen nach Schimper's Beobachtungen, neue Schichten von Stärke auf der Aussenseite sich ansetzen können, unterscheiden sich von den vorigen nur dadurch, dass die Zerspaltung in concentrische Lamellen zu verschiedenen Perioden in den nach einander entstehenden Schichten zu Stande kommt. Nach A. Meyer[1]) sollen sogar den letzteren entsprechende Sphärokrystalle vorkommen; nämlich alle krystallisirenden Kohlenhydrate sollen aus unreinen Lösungen Sphärokrystalle bilden, welche Meyer's Angaben zu Folge in der Art an Volumen zunehmen, dass mehrere mehr oder weniger krystal-

1) A. Meyer. Bot. Zeit. 1884, p. 327.

linische Schichten auf den radial gestreiften oder den scheinbar amorphen, erstarrten Tropfen sich ablagern.

Meyer setzt dabei hinzu, dass er schon früher[1]) die Behauptung ausgesprochen habe, dass Schwankungen in den Krystallisationsbedingungen Schichtenbildung der Sphärokrystalle veranlassen.

Auf die Besprechung dieses Satzes von Meyer will ich später zurückkommen; hier will ich nur bemerken, dass, da meiner Ansicht nach, die Beobachtungsmethode von Meyer nicht vollkommen sichere Resultate zu liefern im Stande ist, ich über diese Wachsthumsart kein bestimmtes Urtheil fallen lassen will.

Ganz unabhängig davon in welcher Weise diese Frage entschieden wird, bleibt doch der oben ausgesprochene Satz über die Schichtenbildung bei den von mir, Harting und Hansen beschriebenen Krystalliten, nämlich durch eine parallel der Oberfläche gehende Spaltung, welche erst nach der Erreichung der definitiven Dimensionen stattfindet, unangefochten bestehen.

Eine interessante Ergänzung der Untersuchung über Krystalle und Krystallite bieten die folgenden Versuche und Beobachtungen, welche an schwefelsaurem Kali von mir gemacht wurden:

Wenn man eine Lösung von KH_2PO_4 im Wasser bereitet, die auf je zwei Cubikcentimeter Wasser 0,9 gr. dieses Salzes enthält und, zu der noch heissen Lösung 0,8 gr. ($MgSO_4 + 7H_2O$) hinzufügt, so erhält man eine klare Flüssigkeit, in welcher erst nach Verlauf von mehreren Stunden ein krystallinischer Niederschlag erscheint und sich am Boden und den Wänden des Gefässes absetzt. Ein Tropfen dieser Lösung scheidet, je nach der Behandlung, eine ganze Reihe verschiedener Gebilde aus: 1) auf dem Objectträger unbedeckt gelassen trocknet der Tropfen gewöhnlich zu einer durchsichtigen, harten, glasartigen und homogenen Masse ein; 2) unter Deckglas scheidet sich ein krystallinischer Niederschlag ab; 3) mit gleichem Volum von Glycerin (von 1,236 spec. Gew.) gemischt scheidet der Tropfen: a) unter Deckglas vollkommen ausgebildete Krystalle ab und b) in einem unbedeckt gelassenen Tropfen dagegen den Krystallen entsprechende mit abgerundeten Ecken und krummen Flächen versehene Krystallite.

Unter den verschiedenen Formen, welche in diesen Tropfen nach einander erscheinen, habe ich mein Augenmerk fast ausschliesslich auf die in den ersten Stunden ausgeschiedenen Niederschläge gerichtet.

Ich beginne mit der Beschreibung der Krystalle, welche unter Deckglas in dem nach gleichem Volumen gemachten Gemische der Salzlösung und des Glycerins erscheinen.

Diese Krystalle gehören dem rhombischen Systeme an und stellen meistentheils Combinationen der rhombischen Pyramide mit Macro- und Brachy-Pynacoiden, zu denen sich öfters ein Prisma gesellt, dar. (T. I, Fig. 1 und 2).

---

1) A. Meyer. Ueber die Structur der Stärkekörner. Bot. Zeit. 1881, № 51 und 52.

Am schönsten werden die Krystalle nahe der Mitte des Deckgläschens gebildet; näher dem Rande gelegene zeigen zwei convexe Flächen, welche dem Krystall bei der in der (Taf. I, Fig. 4, 6, 8) abgebildeten Lage ein ganz fremdartiges Aussehen verleihen.

Die Krystallisation ist in diesem Falle noch dadurch characteristisch, dass zwischen den vollkommen ausgebildeten Krystallen eine grosse Menge von hemimorphen Formen gebildet wird, welche meistentheils als der Quere nach halbirte rhombische Pyramiden erscheinen und dabei nicht selten ihre vierkantige Fläche der Flüssigkeit zukehren. (Taf. I, Fig. 5 *a*, *b*, *c*). An einigen Exemplaren konnte ich direct einen bedeutenden Zuwachs constatiren, ohne dass die fehlende Hälfte deutlich zu sehen wäre, in den anderen — folgte später die Heranbildung der hemimorphen Krystalle zu vollständigen Formen, durch späteres Nachwachsen des Krystalls an der rhombischen Fläche. Es wurden ausserdem noch die für das rhombische System characteristischen Drillinge in grosser Zahl gebildet. Sie erschienen zuerst als aus drei dünnen der Axe nach symmetrisch verwachsenen Blättchen bestehend und wurden dann durch Nachfüllen mit der festen Substanz der einspringenden Winkel zu einem vollkommenen Krystall herangebildet, der nur noch stellenweise Spuren der früheren einspringenden Winkel an sich trug (Taf. I, Fig. 9, 10, 11, 12). Es wurde auf diese Weise, so viel ich weiss, zum ersten Mal die von den Mineralogen, aus dem Vergleichen verschieden ausgebildeter Drillinge, angenommene Entwickelung dieser krystallinischen Körper direct geprüft und bestätigt.

Ferner gelang es mir zwei verschiedene Arten des Wachsens der Krystalle zu beobachten. In den meisten Fällen nimmt der Krystall an Umfang zu, ohne seine Form zu ändern; seine Flächen erscheinen dabei, während des Wachsens, auch bei der stärksten Vergrösserung betrachtet vollkommen spiegelglatt und glänzend; in anderen, mehr exclusiven Fällen geht dagegen das Wachsen in einer anderen Weise vor; als Beispiel möge der in Taf. I, Fig. 17 *a* und *b* abgebildete Krystall dienen; durch vorsichtige Verdünnung der Lösung ist an seiner Oberfläche ein Abschmelzen hervorgerufen worden; bei nachfolgender, durch Verdunstung erzeugter Concentration der Lösung, hat an ihm eine mit der Vergrösserung verbundene Regeneration begonnen. Bei dem Vergleichen der Fig. 17 *a* und *b* welche beide mittelst Camera lucida gezeichnet sind, ist es leicht zu ersehen, erstens, dass das Wachsen hauptsächlich, wenn nicht exclusiv, an den beiden abgeschmolzenen Enden des Krystalls stattfand und dass zweitens, statt der glatten Endflächen, wir hier eine grosse Menge ansehnlicher Auswüchse, deren jeder selbstständig wächst und nur nachträglich mit den benachbarten Auswüchsen zusammenschmilzt, vor uns haben.

Solcher Fälle gab es mehrere; das eclatanteste Beispiel des Anwachsens der Krystalle nach diesen zwei verschiedenen Weisen stellte mir das saure phosphorsaure Kali dar; es wird in dem dieser Abhandlung folgenden Anhange umständlich beschrieben werden.

Höchst eigenthümlich erscheinen die Aggregate von Krystallen, welche sich durch das Herauswachsen von Höckern an der Oberfläche vieler Krystalle bilden (Taf. I, Fig. 6, 7, 8).

Ein sehr sonderbares Aeussere bieten inwendig hohle Krystalle dar (Taf. II, Fig. 3 *a*, *b*, *c*, *d*), welche am Rande von unbedeckten Tropfen sich bilden; mit ihrem offenen Rande haften sie der Oberfläche des Tropfens an; an diesem Rande wachsen sie weiter (Taf. II, Fig. 3 *b*, *c*) manchmal bis zum fast völligen Verschluss der Oeffnung (Taf. II, Fig. 3 *d*); mit der unteren Seite, welche öfters ein durchlöchertes Aussehen hat, haften sie dem Glase an.

Die interessantesten Beobachtungen die ich an den Krystallen angestellt habe, beziehen sich auf deren Theilung in zwei und das Zerfallen in mehrere Stücke, deren jedes zu einem vollständigen Krystall sich heranbilden kann. Die in der Taf. I, Fig. 15 bis 26 abgebildeten Theilungen gehen öfters von selbst, in dem die Krystalle enthaltenden Tropfen, nähmlich am Abend und in der Nacht bis in die frühesten Tagesstunden vor. Je nach Umständen wird dabei der Krystall mehr oder weniger gelöst; manchmal tritt, indem die Theilung noch nicht vollendet ist, eine Regeneration des Krystalls bis zur vollständigen Restauration seiner früheren Gestalt ein. In anderen Fällen wird die Trennung des Krystalls in mehrere Stücke zu Ende gebracht, wobei je nach Umständen diese letzteren weiter gelöst werden, oder aber anwachsen und zu gut ausgebildeten Krystallen sich ausbilden können. Schon diese Beobachtungen allein haben mich auf die Vermuthung gebracht, dass sowohl die Theilung, als auch das Anwachsen der Krystalle mit dem Wassergehalt der die Krystalle enthaltenden Lösung aufs innigste zusammenhänge. Diese Vermuthung wurde darauf zur Gewissheit als es mir gelang, die Krystalle nach Belieben intact zu erhalten, oder, durch Vermehrung des Wassergehaltes im Tropfen, im Verlauf von wenigen Minuten in Theilung zu versetzen. Es genügt dazu das Deckplättchen abzuheben, den die Krystalle enthaltenden Tropfen 5 bis 10 Mal anzuhauchen, mit dem Deckgläschen wieder zu bedecken, um sofort die in der Taf. I, Fig. 15 und 21 abgebildeten, in den Krystallen stattfindenden Veränderungen wahrzunehmen. Am interessantesten ist die häufigst auftretende Längstheilung der Krystalle, wobei der Krystall hauptsächlich an zwei gegenüberliegenden Macropynakoidflächen angegriffen und gelöst wird, was ganz besonders klar vor Augen tritt, wenn diese Flächen gegen den Zuschauer vertical gerichtet sind. Der Krystall erscheint in dieser Lage, an den Enden und Kanten, fast gar nicht, oder nur wenig angegriffen und verändert. Die zur Mittellinie von den beiden Macropynakoidenflächen vorschreitende Lösung wird durch das Durchsichtigwerden des Krystalls an diesen Stellen sehr schön sichtbar und es lassen sich die in der Taf. I, Fig. 14, 15, 16, 18, 19, 20 abgebildeten und im Verlauf von wenigen Minuten auftretenden Veränderungen an dem einen und demselben Krystall mit Leichtigkeit beobachten. Wenn die Lösung des Krystalles rasch vor sich geht und bis zur vollständigen Trennung in zwei symmetrische Hälften vorschreitet, so schmelzen rasch auch die beiden Endecken des Krystalls ab.

Das allmählige Fortschreiten der die Längstheilung der Krystalle begleitenden Auflösung ist am besten an solchen Krystallen zu sehen die, mit den sich lösenden Macropynakoidflächen nach Oben und Unten zu liegen kommen. Es lässt sich an ihnen ohne Schwierigkeit constatiren, dass vor Allem die Ränder der Pynakoidflächen der Auflösung

anheim fallen; besonders bemerkenswerth ist es, dass gewisse Stellen der Ränder leichter angegriffen werden und daher den anderen in der Auflösung vorangehen.

Am leichtesten wird der Krystall an den in der Taf. I, Fig. 21 *a* mit α bezeichneten Stellen gelöst, manchmal nur an diesen beiden Punkten angegriffen, so dass der um 90° um seine Axe gedrehte Krystall das in der Taf. I, Fig. 15 abgebildete Ansehen hat. Diesen beiden Punkten stehen an Löslichkeit am nächsten die in der Taf. I, Fig. 21 *a* mit β bezeichneten Stellen, wo je drei Flächen mit ihren Kanten an einander in Berührung kommen; so lange die Lösung nur an den bezeichneten Stellen vor sich geht, gewährt der um 90° gedrehte Krystall das in Taf. I, Fig. 14 dargestellte Ansehen. Am häufigsten wird der Rand der Macropynakoidenflächen rasch an vielen Puncten angegriffen, wodurch der Krystall mit einer Menge heller Querstreifen durchsetzt erscheint. Von jedem dieser Angriffspunkte geht die Auflösung der Krystalle hauptsächlich nach der der Pynakoidfläche verticalen Richtung vor; bei rascher Lösung wird allmählich, vom Rande aus, jede der Macropynakoidflächen gelöst; wenn aber die Lösung nur gering ist und es zu keiner vollständigen Theilung des Krystalls kommt, wird nur der Rand der Macropynakoidflächen angefressen, sie selber werden aber im mittleren Theile erhalten und bleiben mit der unaufgelösten Hauptaxe des Krystalls mittelst eines centralen, mehr oder weniger dicken Stranges fester Substanz verbunden.

Ausser der Längstheilung habe ich öfters eine Quertheilung der Krystalle beobachtet, (Taf. I, Fig. 22, 25, 26); ob sie bei den sich der Länge nach theilenden Krystallen vorkommt, wage ich nicht zu behaupten; in der letzten Zeit, wo ich genau die Form der Krystalle beobachtete, habe ich sie nur an Taf. I, Fig. 25, 26 abgebildeten Combination zur Ansicht bekommen; der Krystall wurde dabei der Quere nach in zwei Hemipyramiden gespalten, längs der Linie, welche die beiden stumpfen Kantenwinkel des Hauptlängsschnitts verbindet. Dieser Richtung entsprechend wurde die Theilung sämmtlicher rhombischen Plättchen längs der Verbindungslinie ihrer stumpfen Ecken zu Stande gebracht. (Taf. I, Fig. 22).

Diejenigen Fälle ausgenommen, wo der Krystall vollständig wieder restaurirt wird, ohne dass an ihm irgend welche Zeichen der vorhergehenden theilweisen Lösung wahrgenommen werden können, bieten die nach theilweiser Auflösung sich mehr oder weniger regenerirenden Krystalle ganz sonderbare Formen dar, besonders wenn diese entgegengesetzten Processe mehrere Male nach einander zu Stande kommen; die Taf. I, Fig. 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38 können nur in geringem Masse eine Vorstellung von ihrer Mannigfaltigkeit geben; sie genügen aber um zu zeigen um wie viel diese Gebilde von der Form intacter Krystalle abweichen.

Es sei hier noch erwähnt dass das Zufügen des Glycerins, als keine unumgängliche Bedingung bei der Theilung der Krystalle sich erwies; es gelang mir auf folgende Weise davon mich zu überzeugen: Wenn man einen Tropfen der oben beschriebenen Lösung von saurem phosphorsaurem Kali und der schwefelsauren Magnesia unbedeckt lässt, so erstarrt er, wie ich schon beschrieben habe, zu einer harten glasartigen Masse. Wenn man die letztere mehrere Male anhaucht, so wird der Tropfen durch das plötzliche Erscheinen von einer grossen

Menge kleiner, den beschriebenen ähnlichen, Krystalle, die rasch anwachsen, trübe; es genügt jetzt diesen Tropfen noch einige Mal anzuhauchen um in vielen Krystallen, eine bis zur vollständigen Trennung gehende Lösung hervorzurufen; die Krystalle werden ganz in derselben Weise wie bei Gegenwart von Glycerin getheilt; letzteres habe ich nur deshalb immer hinzugesetzt, weil das Anwachsen der Krystalle und deren Theilung bequemer zu beobachten sind.

Die, die Theilung der Krystalle betreffenden Data sind meiner Ansicht nach auch in biologischer Hinsicht von grossem Interesse, da sie, wie ich weiter unten zeigen werde, in dieser Hinsicht die ersten und bis jetzt die einzigen Aussichtspunkte einer mechanischen Erklärung der Theilung der organisirten Gebilde darstellen; um aber meinen Gedanken ganz klar auseinandersetzen zu können, will ich noch vorher mehrere von mir studirte, den Krystallen nahe stehende Gebilde beschreiben.

Wenn man in der oben erwähnten Weise zwei dem Volumen nach gleiche Tropfen der Salzlösung und des Glycerins sorgfältig mischt, auf einem Objectträger in dünner Schicht ausbreitet und einer raschen Verdunstung aussetzt, so werden nach einiger Zeit mit abgerundeten Contouren versehene Körper sichtbar, die den Krystallen ähnliche Structur besitzen, ihrer Form nach aber von ihnen gänzlich abweichen und deshalb als Krystallite bezeichnet sein mögen. Es sind zwei typische Formen unter ihnen zu unterscheiden, welche aber durch eine ganze Reihe von Uebergangsglieder unter einander verbunden werden.

Den ersten Typus bilden ovale abgeflachte (Taf. II, Fig. 11, 12 *d*, *e*, *f*, *g*, Taf. 3, Fig. 1 *a* und *b*) oder in der Mitte seicht angeschwollene Körper, welche diese Form seit dem Moment ihrer Erscheinung unter dem Microscop schon aufweisen und beim Anwachsen behalten; sie sind den oben beschriebenen Krystallen nahe verwandt, können sogar aus letzteren hervorgehen und umgekehrt zu typischen Krystallen heranwachsen; sie zeigen ein den ächten Krystallen gleiches Verhalten im polarisirten Lichte und unter Umständen den letzteren entsprechende Längstheilung. (Taf. II, Fig. 1, *c* und *d*). Andererseits können sie bei allmähliger Auflösung, wenn nämlich der sie enthaltende Tropfen an der Luft unbedeckt gelassen wird, am Umfange in mehrere concentrische Schichten gespalten werden (Taf. II, Fig. 2); diese letztere Beobachtung ist, unter anderem, in der Hinsicht von Interesse, dass die Sichtbarmachung durch Reagentien der Schichten in homogen erscheinenden Körpern (also auch in pflanzlichen Membranen) nicht in allen Fällen als ein Beweis von der Präexistenz dieser Schichten angesehen werden darf.

Den zweiten Typus stellen Körper von der Form der Amylumkörner der Euphorbia dar (Taf. II, Fig. 13, 14, 15, 16); sie haben in den ersten Momenten die Form von kaum sichtbaren, dünnen Stäbchen, welche bald ein übermässiges Wachsen an den beiden Enden aufweisen; der mittlere Theil bleibt verhältnissmässig dünn; die Enden schwellen dagegen zu kuppelartigen Auswüchsen heran (Taf. II, Fig. 13, 14, 15, 16), welche sich mit der Zeit vollkommen abrunden, und mit den Rändern endlich aneinander stossend, zu einem kugelartigen Körper verwachsen, an dem manchmal nur mit Schwierigkeit die eben geschilderte Ent-

wickelung erkannt werden kann. (Taf. II, Fig. 17, 18, 19, 20, 21, 22). Am allersichersten werden diese beiden Typen von Körper, ohne Spur von Beimischung echter Krystalle, in der Art erhalten, dass man den aus gleichen Theilen der Salzlösung und des Glycerins zusammengesetzten Tropfen 5 bis 10 Minuten, ohne Deckglas, auf dem Wasserbade erhitzt und sogleich darauf mit einem Deckglase versieht. Der Tropfen wird, während des Erwärmens, von einer unzähligen Menge kaum sichtbarer Körnchen getrübt, welche aber einige Zeit nach dem Erkalten des Tropfens wieder vollständig verschwinden; in der vollkommen klar gewordenen Lösung erscheinen nun sowohl die beiden oben beschriebenen Typen der Krystalliten, als die zahlreichen die letzteren verbindenden Uebergangsformen.

Die den Euphorbia-Stärkekörnern ähnlichen Körper können, beim Verschluss der Präparate mittelst des Oeles, eine unbestimmte Zeit unverändert bleiben; wird aber das Deckgläschen abgehoben, so fallen sie bald einer auffallenden Veränderung anheim; es erscheinen in ihnen der Oberfläche parallele concentrische Schichten, deren jede sich in kleine, radial gestellte Krystalle auflöst, so dass sie in diesem Zustande als Aggregate einer unzähligen Menge von Krystallen erscheinen.

Am eigenthümlichsten und den Krystallen am unähnlichsten sind folgende zwei Typen der Krystalliten, welche sowohl in der reinen oben angeführten Salzlösung, als in deren Mischung mit Glycerin erscheinen. Es giebt verschiedene Mittel ihre Bildung zu befördern. Wenn man einen Tropfen der Salzlösung ($0{,}9\ KH_2PO_4 + 0{,}8\ (MgSO_4 + 7H_2O) + 2C.C.H_2O$) rasch an der Luft, oder auf dem Wasserbade verdunsten lässt und darauf sogleich mit einem Deckgläschen bedeckt und durch Oel hermetisch von der Luft abschliesst, so kann der Tropfen ganz durchsichtig ohne Spur von Niederschlag eine unbestimmte Zeit verbleiben. Es genügt aber das Deckglas nur für ein Paar Minuten abzuheben um trotz des darauf folgenden hermetischen Verschlusses in kurzer Zeit das Erscheinen von den sonderbaren (Taf. II, Fig. 1, 2, 3, 4) dargestellten Gebilden zu veranlassen, welche gewöhnlich sich mit einer mehr oder weniger grossen Zahl von Auswüchsen bekleiden. Wird der Tropfen längere Zeit unbedeckt gelassen, so erscheinen in ihm in unzähliger Menge den oben beschriebenen Drillingen ähnliche Gebilde, welche sich von ihnen hauptsächlich durch abgerundete Conturen der 3 sie zusammensetzenden Blättchen unterscheiden (Taf. II, Fig. 24). Unter Umständen, die ich nicht näher zu präcisiren weiss, gehen diese abgerundeten Drillinge, in einem frühen Stadium der Entwickelung, eine höchst sonderbare Metamorphose ein. An ganz kleinen Exemplaren erscheint der Drilling aus zwei, das Licht ganz verschieden brechenden Hälften (Taf. II, Fig. 8 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*) zusammengesetzt. Wenn der Drilling der Objectplatte ansitzt, so erscheint seine obere Hälfte das Licht viel stärker brechend als die untere. Mit dem Anwachsen wird dieser Unterschied noch bedeutender. Die obere Hälfte schwillt zu einem soliden sechsstrahligen Körper an; aus der unteren wachsen nach allen Seiten strahlenförmig dünne blattartige Fortsätze heraus, die das Unterstützungsgerüste für den oberen soliden sternartigen Körper bilden (Taf. II, Fig. 5, 7, 8, 9, 10, 25). Diese Ursache der Differenzirung des Drillings in zwei verschiedene Stücke bleibt mir bis jetzt vollkommen unklar;

mir scheint sie nichts desto weniger von der Lage des Drillings zum Horizont abhängig zu sein; wenigstens habe ich unzählige Male beobachtet, dass sie bei Exemplaren, bei denen die Verwachsungslinie der 3 Blättchen vollkommen horizontal liegt, immer unterbleibt, auch dann, wenn bei den übrigen mit schief oder vertical gestellter Verbindungslinie versehenen Drillingen, der obere Stern und die Anker vollkommen ausgebildet sind.

Inwendig hohle Formen dieser Drillinge kommen auch vor; (siehe deren Abbildung Taf. II, Fig. 26 *a* und *b*). Alle diese Gebilde können ebenfalls erhalten werden wenn man einen Tropfen der Salzlösung auf dem Wasserbade bis zum Festwerden erhitzt, mit einem Tropfen Glycerin übergiesst und mit einem Deckgläschen bedeckt.

Ausser allen diesen abgerundeten Krystalliten, welche von Anfang an keine Spur von Ecken und Kanten aufweisen und als solche wachsen, sind diejenigen Gebilde streng zu sondern, welche aus gut ausgebildeten Krystallen durch rasches Abschmelzen ihrer oberflächlichen Schicht entstehen. Diese letzteren behalten ihre abgerundete Form nur während des Abschmelzens und bei Mangel an Baumaterial; es genügt ein wenig frische Salzlösung hinzuzufügen' um eine bedeutende und rasche Volumenzunahme bei ihnen hervorzurufen, wobei sie aber sogleich zu echten Krystallen sich umgestalten.

Diese Beobachtungen beweisen, dass krystallinische Niederschläge unter Umständen aus vollkommen abgerundeten Körnern bestehen können und dass demnach die kugelrunde Form der organisirten Gebilde nicht als Gegensatz zu der der echten Krystalle betrachtet werden kann. Es können demnach meiner Meinung nach in der lebendigen Zelle Gebilde vorhanden sein, welche als organisirt betrachtet werden, demohnegeachtet aber eine den echten Krystallen in vielen Beziehungen entsprechende Structur besitzen.

Bis auf die letzte Zeit wurden die als Krystalloide bezeichneten Krystalle der Eiweisskörper als von den echten Krystallen ganz verschiedene Gebilde betrachtet und zu den organisirten Bestandtheilen der lebendigen Zelle gerechnet. Die Quellung der Krystalloide im Wasser, ihre Durchdringlichkeit für gewisse Farbstoffe, als auch die concentrische Schichtung, welche durch Quellung oder Erwärmung bis zur Gerinnung, hervorgerufen wird, bildeten die Hauptgründe für diese Auffassung.

Es lässt sich nicht leugnen, dass diese drei characteristischen Merkmale der Krystalloide mit Bestimmtheit auf einen Unterschied im molecularen Bau von dem der echten Krystalle hinweisen; sie erweisen sich aber jetzt ungenügend um die Krystalloide der Eiweisskörper den organisirten Gebilden beizuzählen. Dass manche anorganische Verbindungen unter gewissen Umständen eine geschichtete Structur aufweisen ist längst bekannt. In der letzten, der Akademie überreichten Notiz habe ich aber auch gezeigt, dass sowohl die Quellung, als auch die Aufspeicherung von organischen Farbstoffen (des Fuchsins) der von mir erzeugten Kieselsäuremembran eigen sind; diese letzteren Thatsachen beweisen, meiner Ansicht nach, ganz unzweideutig, dass sowohl die Quellung im Wasser, als auch die Aufspeicherung von Farbstoffen nicht mehr als ausschliesslich die organisirten Gebilde characterisirende Eigenschaften betrachtet werden können.

Die Krystalloide der Eiweisskörper wären demnach mit einigen anderen ihnen ähnlichen Gebilden als ein besonderer Typus der Krystalle aufzufassen, welcher von den so genannten echten Krystallen durch den lockereren molecularen Bau verschieden ist, in Folge dessen sie nicht nur für Wasser, sondern auch für Molecüle mancher organischer Farbstoffe durchdringlich erscheinen.

Den sorgfältigen Untersuchungen Schimper's [1]) nach, gehören die Krystalloide der Eiweisskörper verschiedenen krystallographischen Systemen an; er hat sowohl Krystalle des regulären, als des hexagonalen Systems beobachtet. Diesen letzteren entsprechend wurde an ihnen eine Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften nachgewiesen: die dem regulären Systeme gehörenden Krystalle quollen im Wasser ganz gleichmässig nach allen Richtungen auf, die des hexagonalen Systems — hauptsächlich längs der Hauptaxe.

Alle Krystalloide der Eiweisskörper saugen mit Begierde Fuchsin und Anilinblau ein, werden ausserdem beim Quellen im Wasser geschichtet und, was im vorliegenden Falle von besonderem Interesse ist, bekommen sie nach Schimper unter Umständen Risse und können sogar in Stücke zerfallen. Er hat letzteres sowohl bei plötzlichem starken Erwärmen, als auch bei unvorsichtigem Befeuchten beobachten können [2]). «Die Erscheinung war besonders auffallend bei den Krystalloiden der Paranuss und den von Drechsel aus derselben dargestellten künstlichen. Lässt man frisch dargestellte natürliche Paranuskrystalloide einige Tage in trockener Luft liegen, so zerfallen sie, sobald sie rasch befeuchtet werden, parallel der Basis in eine Unzahl von Stücken». «Dass die Risse hauptsächlich parallel der Basis entstehen, hängt offenbar mit dem grösseren Aufquellen in der Richtung der Hauptaxe zusammen». Bei den Krystalloiden Drechsels fand eine Zerklüftung nach allen Richtungen statt und zwar nur in den grösseren Krystalloiden. Das Zerfallen unterblieb, wenn man, vor der Behandlung mit Wasser, die Krystalle einige Male schwach anhauchte, oder auch in wasserhaltiger Luft aufbewahrte. Bemerkenswerth ist, dass die Krystalloide von *Ricinus*, *Musa*, *Sparganium*, *Solanum* und einiger anderen Pflanzen diese Erscheinung nicht zeigten. Dass diese Zerklüftung der Krystalloide eine der oben beschriebenen Theilung der echten Krystalle analoge Erscheinung ist, scheint mir äusserst wahrscheinlich, obwohl nicht geleugnet werden kann, dass wir in diesem Falle eine Zerklüftung der Krystalloide weniger in Folge der theilweisen Lösung, als durch die mittelst Befeuchtung bewirkter Spannungserscheinungen vor uns haben. Dieser Unterschied, der die Theilung bewirkenden Ursache, kann hier destoweniger in Betracht gezogen werden, da die Spannungen, welche in manchen Fällen sogar ein Zersplittern des Krystalls zur Folge haben, nach Lehmann's Untersuchungen, auch einigen echten Krystallen zukommen. Von den vielen von Lehmann [3]) angeführten Fällen will ich nur beispielweise folgende erwähnen: 1) *isohydrobenzoinbiacetat;* diese Subtanz krystalli-

1) Schimper. Ueber die Krystallisation der eiweissartigen Substanzen. Zeitschr. f. Krystallographie u. Mineralogie v. Groth. Bd. 5, p. 131 (1881).

2) Schimper. l. c. p. 155.

3) Lehmann, Ueber das Wachsthum der Krystalle. Zeitschr. f. Krystallogr. u. Mineral. von Groth. Bd. 1, p. 479 u. 480.

sirt aus Alkohol in eigenthümlichen krummen Krystallen, häufig einem zu einem Reife zusammengerollten Bande vergleichbar. Diese Form behalten sie indess gewöhnlich nur so lange sie so dünn sind, dass sie Interferenzfarben zeigen. Beim Dickenwachsthum strecken sie sich immer mehr und mehr gerade und werden schliesslich schöne regelmässige rhombische Krystalle. 2) *Hydrochinon*; bei der Sublimation dieser Verbindung bilden sich sehr dünne krummgewachsene monosymmetrische Blättchen, deren Geradestreckung beim Dickerwerden oft mit solcher Gewalt vor sich geht, dass sie in mehrere Stücke zerspringen; 3) *Kalibichromat;* diese Substanz zeigt, bei der Krystallisation während der Abkühlung der heiss gesättigten Lösung, ganz ähnliche Erscheinungen. Die sich bildenden länglichen dünn tafelförmigen Krystalle drehen sich windschief und zerspringen beim Gradestrecken derart heftig, dass sie in ein Aggregat kleiner Krystalle zerfallen, die zu einem Büschel von Blättchen zusammenwachsen.

Die Analogie der Eiweisskrystalloide mit den echten Krystallen wird noch bedeutend gesteigert, wenn wir bei ihnen, der Ansicht Nägeli gegenüber, der sich auch Schimper anschliesst, ein Wachsthum durch Apposition und nicht mittelst Intussusception annehmen. Es giebt in der That keinen zwingenden Grund letzterem den Vorzug zu geben. Nägeli und Schimper nehmen das Wachsthum durch Intussusception darauf gestützt an, dass die Eiweiskrystalloide in dem inneren Theile eine weichere Consistenz, als nahe der Oberfläche besitzen und dass sie, im Gegensatze zu den echten Krystallen, für einige Stoffe durchdringlich erscheinen. Was den ersten Grund anbetrifft, so scheint mir unbewiesen, dass die Verschiedenheit in der Consistenz eine das Wachsthum begleitende Erscheinung sei; ich bin dagegen mehr geneigt es als eine dem Wachsthum nachfolgende Veränderung zu erklären, und es einer späteren Differenzierung der früher homogen gewesenen Masse zuzuschreiben. Diese Auffassung findet noch darin eine Stütze, dass die meisten, wenn nicht alle Beobachtungen, über die Struktur der Eiweisskrystalloide, an den bereits fertig entwickelten Körnern vorgenommen worden sind. Directe Beobachtungen über das Wachsthum und die Differenzierung sind an dem einen und demselben Eiweisskrystalloide, so viel mir bekannt ist, noch nicht angestellt worden. Was die Aufnahme von Wasser und einiger Farbstoffe durch Eiweisskrystalloide anbelangt, so beweist dieses nur, wie ich es schon oben angegeben habe, dass sie eine lockerere Structur als echte Krystalle besitzen; es wird aber, meiner Meinung nach, nicht im geringsten dadurch dargethan dass die, durch ihre Grösse vor allen übrigen sich auszeichnenden Eiweissmolecüle, in die Krystalloide einzudringen und, durch Ablagerung zwischen den schon vorhandenen Eiweissmolecülen, das Wachsthum der Krystalloide verursachen können. Diese Annahme scheint mir ganz willkürlich zu sein und muss, wie ich in einer der folgenden Abhandlungen zeigen werde, nicht nur in Bezug auf Krystalloide, sondern auch hinsichtlich der Zellmembran und der Stärkekörner vermieden werden.

In der letzten Zeit ist von Schimper[1]) hervorgehoben worden, dass die mit dem ge-

1) Schimper. Ueber die Entwickelung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Bot. Zeit. 1883,p. 153.

meinsamen Namen der Plastiden bezeichneten Chlorophyllkörper, Stärkebildner und Farbkörper eine Aehnlichkeit in der Gestalt mit Krystallformen darbieten; er weisst dabei darauf hin, dass nur ruhende Plastiden, in solchen Formen vorkommen. Diese Krystalle bestehen, nach Schimper, aus einer dem activen Eiweiss chemisch sehr nahe verwandten Substanz, weshalb sie sehr leicht wieder in solches umgewandelt werden können.

Wenn wir ferner darauf Rücksicht nehmen, dass, nach den neueren Untersuchungen Schimper's, die von A. Meyer bestätigt wurden, «die Vegetationspuncte stets differenzirte Chlorophyllkörper, resp. ihre farblosen Grundlagen, enthalten; dass dieselben nicht durch Neubildung aus dem Zellplasma, sondern durch Theilung aus einander entstehen und dass sie alle Chlorophyllkörper und Stärkebildner der aus dem Scheitelmeristem sich entwickelnden Gewebe erzeugen», so tritt unwillkürlich der Gedanke auf, dass die Plastiden nicht nur im ruhenden Zustande, wie es Schimper meint, sondern während ihres ganzen Entwickelungscyclus den Eiweisskrystallen analoge, wenn nicht identische Gebilde darbieten. Der Mangel der deutlich ausgesprochenen Kanten, Ecken und Flächen ist dabei ohne Bedeutung, da, wie ich gezeigt habe, auch anorganische, gut krystallisirende Substanzen, unter Umständen, dieser entbehren können, obwohl sie dabei eine den echten Krystallen vollkommen analoge Structur offenbaren.

Wir würden also, von diesem Standpunkte aus, in den Plastiden krystallinische Gebilde vor uns haben, welche wie Krystalle: 1) durch Apposition wachsen; 2) durch einen ähnlichen Vorgang, nämlich durch Lösung oder aber in Folge der Spannung, nach bestimmten Richtungen, meistentheils in zwei gesonderte Theile zerfallen; und 3) deren getrennte Theile mit der Zeit zu den, den früheren Plastiden, gleichen Gebilden anwachsen.

Anmerkung. Auf die krystallinische Structur der Stärkekörner haben in der letzten Zeit Schimper[1]) und Meyer[2]) hingewiesen. Nach beiden Forschern stellt das Stärkekorn einen Sphärokrystall dar, der aus einer unzähligen Menge kleiner, in concentrischen Schichten radial gestellten Krystalloiden zusammengesetzt wird. Nach Meyer würden die Stärkekörner den von ihm studirten geschichteten Sphärokrystallen der Kohlenhydrate entsprechen und mit letzteren, sowohl ihrem Wachsthum durch Apposition, als auch der Entstehung der concentrischen Schichten nach, welche nach Meyer durch Schwankungen in den äusseren Krystallisationsbedingungen veranlasst werden, vollkommen identisch sein. Den von mir oben geschilderten Thatsachen nach wären die Stärkekörner dagegen nicht als Aggregate einer unzähligen Menge kleiner Krystalloide sondern als Krystallite, d. h. der Ecken, Kanten und Flächen entbehrende Krystalle zu betrachten, die durch Apposition wachsen, anfäglich homogen und erst späterhin geschichtet erscheinen. Ich behalte mir vor bei einer späteren Gelegenheit diese von mir ausgesprochenen Vermuthungen gründlicher zu behandeln.

1) Schimper. Unters. über das Wachsthum der Stärkekörner. Bot. Zeit. 1881, p. 223.

2) A. Meyer. Ueber die Structur der Stärkekörner l. c. p. 841.

Zum Schlusse will ich die chemische Natur der von mir beobachteten Krystalle näher zu definiren suchen. Vor allem war es wünschenwerth sich zu vergewissern, ob alle oben beschriebenen Krystalle und Krystallite einer oder mehreren verschiedenen Verbindungen gehören. In der Lösung von saurem phosphorsaurem Kali und der schwefelsauren Magnesia können sich nicht nur Krystalle dieser Salze, sondern auch einer ganzen Reihe ihrer Doppelsalze ausscheiden. Obwohl ich mich mit Hülfe meines jungen verehrten Freundes, des Mineralogen Glinka leicht überzeugen konnte dass unter diesen Krystallen keine schwefelsaure Magnesia, als auch nicht das bekannte Doppelsalz von schwefelsaurer Kali-Magnesia sich vorfanden, so war damit die Frage bei weitem nicht gelöst. Ich bereitete deshalb eine Lösung von 227 gr. des sauren phosphorsauren Kali und 205 gr. der krystallisirten schwefelsauren Magnesia in 500 C. c. Wasser und versetzte sie mit 500 Cub. Cent. Glycerin (von 1,236 Spec. Gew.) Die Flüssigkeit wurde durch eine grosse Menge der sich bildenden Krystalle getrübt und klärte sich erst nach einigen Stunden, als der Niederschlag zu Boden gesunken war. Er bestand aus den, den oben beschriebenen, gleichen mikroscopischen Krystallen. Die Krystalle wurden darauf von der Flüssigkeit getrennt, zwischen Fliesspapier sorgfältig ausgepresst und, durch die Güte des Herrn Tischenko, einer Analyse unterworfen. Die Zusammensetzung des Niederschlages wurde ungefähr der Formel $23K_2SO_4 + Mg_2P_2O_7$ entsprechend gefunden, was darauf hinwies, dass wir hier wahrscheinlich kein Doppelsalz, wie ich es früher vermuthete, sondern blos eine Mischung dieser Salze vor uns hatten. Die Hauptmenge der Krystalle bestand aus schwefelsaurem Kali. Dieser Hinweisung folgend, habe ich eine Lösung von 2,46 gr. der krystallisirten schwefelsauren Magnesia und 1,74 gr. des schwefelsauren Kali in 10 gr. Wasser, zum Gegenstande meiner Untersuchung gewählt, in der Hoffnung mittelst dieser Lösung, den beobachteten gleiche Krystalle zu erzeugen. Es gelang mir dieses auch vollkommen. Alle oben beschriebenen Krystalle und Krystallite fanden sich in der Mischung dieser Lösung mit Glycerin vor. Da unter den sich ausscheidenden Krystallen die der schwefelsauren Magnesia nicht zugegen waren, das bekannte schwefelsaure Kali-Magnesia Doppelsalz aber sofort erkannt wurde, und als ganz verschieden von den mich hauptsächlich interessirenden Krystallen zu erkennen war, so konnten die oben beschriebenen Krystalle nur schwefelsaures Kali oder ein noch unbekanntes schwefelsaures Kali-Magnesia Doppelsalz (mit geringem Magnesiagehalt) sein. Es ist mir aber bis jetzt noch nicht gelungen diese Frage zu entscheiden. Der mittelst Glycerin erhaltene krystallinische Niederschlag erwies sich immer fast ausschliesslich aus schwefelsaurem Kali, mit einem nur geringen Gehalte der schwefelsauren Magnesia zusammengesetzt. Ob letztere als eine zufällige Verunreinigung, oder als chemischer Bestandtheil eines noch unbekannten Doppelsalzes enthalten war, blieb unentschieden, weil die von mir erhaltenen Krystalle, wegen ihren mikroscopischen Dimensionen, nicht gesondert von der sie umgebenden Lösung und der ihnen beigeschmischten Krystallen anderer Formen analysirt werden konnten. Die Prüfung mittelst des Mikroscops erwies in dem Niederschlage ausser den von mir oben beschriebenen und hauptsächlich untersuchten Krystallen auch typische Krystalle des schwefelsauren Kali und alle möglichen Ueber-

gänge zwischen ihnen. Ich bin jetzt geneigt auch die ersteren Krystalle für reines schwefelsaures Kali zu halten. Zu Gunsten dieser Vermuthung spricht die diesem Salze inwohnende Eigenthümlichkeit, bei Gegenwart von schwefelsaurer Magnesia, in Krystallen sich auszuscheiden, welche von denen der reinen Lösung ganz verschieden sind. Dass das schwefelsaure Kali in zwei Arten von Krystallen erhalten wird, die obwohl beide dem rhombischen System gehörend, untereinander auffallend verschieden sind, ist längst bekannt. Diese beiden Arten von Krystallen sind in Groth's Physikal. Krystallographie p. 363 abgebildet, und können der Kürze wegen als pyramidale und prismatische unterschieden werden. Aus dem im Handel vorkommenden Salze lassen sie sich streng sondern und können, wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, nach Willkühr, in einander übergeführt werden.

Um prismatische Krystalle des schwefelsauren Kali zu erhalten lässt man eine heiss gesättigte Lösung dieses Salzes langsam erkalten; die sich dabei absetzenden Krystalle sind fast alle prismatisch und werden bis zu einem Centimeter lang. Es ist dabei gleichgültig welcher Form Kystalle im Wasser gelöst wurden; als ich sogar absichtlich nur schön entwickelte grosse pyramidale Krystalle in Lösung brachte, erhielt ich beim Erkalten ausschliesslich lange prismatische Krystalle. Umgekehrt gelang es mir aus typischen prismatischen Krystallen pyramidale dadurch zu erhalten, dass ich schwefelsaure Magnesia zu deren Lösung hinzusetzte; es wurden 50 gr. des schwefelsauren Kali in 700 Cub. Cent. Wasser gelöst und dann 5 gr. der schwefelsauren Magnesia hinzugesetzt; diese, im Verhältniss zum schwefelsauren Kali geringe Menge der schwefelsauren Magnesia genügte um eine Ausscheidung des schwefelsauren Kali in pyramidalen Krystallen zu bewirken. Diese Krystalle wurden auf einen Filter gebracht, mit geringer Wassermenge von der ihnen anhaftenden Mutterlauge gereinigt, in Wasser wieder gelöst und auf Magnesia geprüft; sie erwiesen sich, wie zu erwarten war, als reines schwefelsaures Kali. Bei grösserem Zusatz von schwefelsaurer Magnesia erhielt ich den von mir beschriebenen ganz ähnliche Krystalle, welche eine Combination der rhombischen Pyramide, mit Macro- und Micro-Pinacoiden und dem rhombischen Prisma darstellten. Ich konnte sie bis jetzt aber wegen ihren mikroscopischen Dimensionen, wie oben schon erwähnt wurde, nicht isoliren und genügend rein zu einer genauen Analyse erhalten.

Obgleich der gelöste Niederschlag immer geringe Mengen der schwefelsauren Magnesia enthielt, von der nicht entschieden werden konnte, ob sie dem schwefelsauren Kali blos beigemischt war, oder vielleicht einen Bestandtheil eines noch unbekannten Doppelschwefelsaurensalzes von Kali und Magnesia ausmachte, so glaube ich doch mich für die erste Meinung noch aus dem Grunde aussprechen zu müssen, weil die Messung der Kantenwinkel der Krystalle, mittelst Mikroscop-Goniometer, eine genügende Uebereinstimmung mit den entsprechenden Winkeln des schwefelsauren Kali zeigte.

Anhang.

Das beste Beispiel der zweierlei Arten von Wachsthum bot mir saures phosphorsaures Kali dar. Wenn man einen Tropfen concentrirter Lösung dieses Salzes allein oder, mit wenig Glycerin gemischt, der Verdampfung aussetzt, so erscheinen nach kurzer Zeit in der Flüssigkeit ganz sonderbare krystallinische Aggregate die in einer sehr seltsamen Weise sich entwickeln. In vielen Fällen beginnt ihre Bildung mit dem Erscheinen eines kaum sichtbaren Krystalls, der rasch an Volumen zunimmt; in der ersten Zeit geht das Wachsthum in einer ganz normalen Weise vor: der Krystall behält beim Wachsen seine frühere Form, indem er gleichmässig nach allen Richtungen sich vergrössert und ganz glatte Flächen und scharfe Kanten behält. Mit der Zeit ändert sich das Aussehen des Krystalls vollständig; er wird an zwei gegenüber stehenden Enden uneben; die Unebenheiten nehmen rasch an Länge zu und wachsen getrennt und unabhängig von einander weiter. (Taf. 3, Fig. 5, 6, 7, 12, 14). Wir haben jetzt vor uns ein Aggregat selbstständig wachsender primatischer Krystalle, welche alle an einer gemeinsamen Basis haften; obgleich das weitere Wachsthum hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich, in der oben bezeichneten Richtung vorgeht, so kann daneben ein jeder dieser Krystalle auch in die Breite wachsen und zu seiner Längsaxe perpendiculäre Zweige absenden, welche aber gewöhnlich mit der Zeit ein vorherrschendes Wachsthum parallel dem Haupttheile aufweisen.

Den beschriebenen ähnliche Gebilde können noch in etwas anderer Weise entstehen: es erscheint in der Flüssigkeit ein haardünnes, mehr oder weniger langes Stäbchen (Taf. 3, Fig. 4) an dem plötzlich 1 bis 2 oder 3 verdickte Stellen erscheinen, die sich sogleich zu echten Krystallen umstalten (Taf. 3, Fig. 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16) und, am Faden haftend, weiter wachsen, ganz nach der Art der eben beschriebenen Gebilde; rasch an Grösse zunehmend, stossen sie bald an einander und verschmelzen in eine einzige Masse. In ihnen wird gleichfalls das reguläre Wachsen bald sistirt; das nachfolgende Wachsthum geht auch hier hauptsächlich immer parallel dem Stäbchen an dem die Krystalle haften, weshalb sie gleichfalls, mit der Zeit, in Aggregate vieler parallel gestellten Krystalle umgewandelt werden.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Schwefelsaures Kali.

Fig. 1 und 2. Ein Krystall von zwei Seiten betrachtet.

Fig. 3 und 4. id., von diesem Krystall ist in Fig. 3 nur der Umriss abgebildet; in der Fig. 4 ist er um 90° gedreht; hier sind die beiden convexen Flächen zu sehen.

Fig. 5. Hemimorphe Formen.

Fig. 6 entspricht der Fig. 4, nur ist die Oberfläche dieses Krystalls mit Auswüchsen bedeckt.

Fig. 7 und 8. Die beiden Krystalle sind von oben abgebildet, mit der Hauptaxe gegen den Zuschauer gerichtet; beide sind an den convexen Flächen mit Auswüchsen bedeckt.

Fig. 9, 10, 11, 12 stellen 4 Entwickelungsstadien eines Drillings von schwefelsaurem Kali dar; die 3 ersten Figuren sind einem Exemplar entnommen; die Fig. 12 ist bei geringerer Vergrösserung abgebildet und von einem anderen Exemplare abgezeichnet.

Fig. 13. Vier in Theilung begriffene Krystalle.

Fig. 14. Ein Krystall, mit der Micropinacoidfläche nach oben gekehrt; die, die Längstheilung begleitende Lösung ist schon ziemlich weit fortgeschritten, am stärksten nach der den Krystall in zwei symmetrische Hälften theilenden Linie.

Fig. 15 stellt einen und denselben Krystall, in verschiedenen Lösungsstadien, die im Verlauf von 20 Minuten nach einander folgten dar; zu einer vollständigen Theilung hat er es indessen nicht gebracht, es trat bald eine energische Restauration des Krystalls an den gelösten Stellen ein, so dass, nach einiger Zeit der Krystall sein früheres Ansehen hatte und garnichts von der stattgefundenen Lösung erkennen liess.

Fig. 16*a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Verschiedene Lösungsstadien an einem und demselben Krystalle; die Lösung ist hier anfangs nur auf einen sehr kleinen Theil des Krystalls beschränkt gewesen und hat ihn in zwei symmetrische Hälften getrennt; erst ganz allmählig und regelmässig hat sich später die Lösung von dieser Mittellinie nach den beiden Enden des Krystalls fortgepflanzt. *f* schematische Abbildung der in Fig. *e* stattfindenden Lösung, stärker als Fig. *e* vergrössert.

Fig. 17*a* und *b*. Ein und derselbe Krystall; *a* durch oberflächliches Lösen an den Enden abgestumpft zeigt er bei der darauf folgenden Restauration ein rasches Anwachsen an den beiden Enden; dieses Wachsen findet mittelst einer Menge gesonderter Vorsprünge statt, welche erst später mit einander zu einer soliden Krystallmasse zusammenschmelzen. Darauf geht wieder eine Vergrösserung des Krystalls in gewöhnlicher Weise, nähmlich mittelst spiegelglatten Flächen vor; siehe Fig. 17*b*.

Fig. 18 und 19. In der Theilung begriffene Krystalle; Fig. 18*c* stellt einen Krystall mit einer sonderbaren, unverständlichen Zeichnung im mittleren Theile dar; in Fig. 19*a* und *c* sind Krystalle abge-

bildet, bei denen die Lösung bis an die beiden Enden fortgeschritten; bei *b* ist noch ausserdem in jedem Ende eine Sonderung in zwei Theile zu sehen; solche Art der Auflösung ist von mir nur selten wahrgenommen worden.

Fig. 20 stellt 7 nach einander folgende Stadien der Restauration, an einem und demselben Krystall beobachtet, dar.

Fig. 21*a*, *b*, *c*, *d* sind 4 Stadien der allmähligen Auflösung der Krystalle, bei der Längstheilung; Fig. *c* stellt den Krystall nach der völligen Sonderung seiner beiden Hälften dar, Fig. *d* denselben Krystall, eine Hälfte hat ihre frühere Lage behalten, die zweite hat sich um 90° gedreht und kehrt ihre Rückseite (die Micropinacoidfläche) nach oben.

Fig. 22*a*. Ein Krystall, als rhombisches Blättchen entwickelt; *b* derselbe getheilt; die Auflösung findet bei Krystallen dieser Form constant längs der Linie, welche die stumpfen Ecken des Plättchens verbindet.

Fig. 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38 stellen verschiedene Formen, welche, in mehrere Stücke zerfallene Krystalle, in Folge mehrmaliger theilweiser Auflösung und darauf folgender Restauration annehmen können. Ungeachtet der Mannigfaltigkeit dieser Formen sind bei allen der Auflösung am leichtesten verfallende Krystalltheile wahrzunehmen; so z. B. die Sonderung der beiden Endstücken, als auch der beiden Macropinacoidflächen von dem centralen Theile, und das fernere Zerfallen des centralen Theiles in mehrere gesonderte Stücke (Fig. 24, 29, 30, 31, 32, 36*a* und *b*, 38).

Fig. 25 und 26. Typische, pyramidale Krystalle des schwefelsauren Kali, welche sich der Quere nach theilen.

Fig. 27 stellt einen seltenen, aber öfters beobachteten Fall dar, wo am Krystall die beiden Enden aufgelöst erscheinen, der mittlere Theil aber intact geblieben ist; dieser Fall wurde an einem Krystall beobachtet, der vor mehreren Tagen eine ziemlich weit fortgeschrittene Längstheilung zeigte, welche aber plötzlich still stand, und statt deren eine vollständige Restauration eintrat.

Fig. 37. Ein der Kanten, Ecken und ebenen Flächen vollkommen entbehrender Krystall, dessen Oberfläche mit Auswüchsen sich bedeckt hatte.

Tafel II.

Schwefelsaures Kali.

Fig. 1, 2, 3. Zwillingsartige Krystallite, welche bei Mangel an Wasser aus einem Gemisch von Salzlösung (0,9 gr. KH_2PO_4 + 0,8 gr. ($MgSO_4$ + $7H_2O$) + 2C.C.H_2O) und Glycerin sich ausscheiden. Sie sind ganz glatt oder mit Auswüchsen bedeckt.

Fig. 4. Ein zwillingsartiger Krystallit, um 90° gedreht.

Fig. 5. Ein mit abgerundeten Ecken, Kanten und verschiedener Ausbildung der oberen und unteren Hälften versehener Drilling.

Fig. 6. Ein mit zwei convexen Flächen versehener Krystall von schwefelsaurem Kali, mit Auswüchsen bedeckt; von oben, mit der zum Zuschauer gerichteten Hauptaxe, abgebildet.

Fig. 7*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*. Nach einander folgende Entwickelungsstadien eines aus einem Drilling sich herangebildeten 6-strahligen Krystalliten, mit ausserordentlich deutlicher Differenzirung in eine obere und untere Hälfte; die obere bildet einen soliden 6-strahligen Stern, die untere ist aus nach allen

Seiten ausgebreiteten, blattartigen Auswüchsen zusammengesetzt. Alle diese 7 Zeichnungen sind einem Exemplare entnommen.

Fig. 8. Ein ähnlicher Drillings-Krystallit von der Seite gesehen; *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* sind ebenfalls von einem und demselben Exemplare abgezeichnet.

Fig. 9, 10 und 25. Eben solche Krystallite, von oben gesehen.

Fig. 11. Ein Complex unter einander in verschiedenster Weise verwachsener, ovaler von den vorigen verschiedenen Krystalliten (siehe folgende Figuren).

Fig. 21*a*, *b*, *c*, *d*. Entwickelungsstadien dieser Krystallite; sie erscheinen von Anfang an als ovale, an den Enden abgerundete, von zwei Seiten abgeflachte Plättchen; sie sehen meistens als solide Körper aus (Fig. *d*); manchmal sind an ihnen kleine Löcher, oder blos Vertiefungen zu beobachten; Fig. *f* stellt diese ausgewachsenen Krystallite vom Rande aus dar; man sieht, dass manche in ihrer Mitte dünner sind als an den Enden; andere dagegen ihrer ganzen Länge nach dieselbe Breite aufweisen; endlich giebt es auch solche welche gegen die Mitte hin angeschwollen erscheinen (siehe Taf. III, Fig. 1). In der Fig. 12*g* ist ein aus zwei mit den Enden aneinander gewachsenen Krystalliten bestehendes Gebilde dargestellt.

Fig. 13*a*, *b*, *c*, *d*, *e* entspreche Entwickelungsstadien der den Euphorbia-Amylumkörner, der Form nach, ähnlichen Krystalliten; alle diese Zeichnugen sind denselben Exemplaren entnommen.

Fig. 14*a*, *b*, *c*, *d* stellen denen der vorigen Figur entsprechende Abbildungen des allmähligen Anwachsens derselben Gebilde dar.

Fig. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 sind definitive Entwickelungszustände derselben Gebilde, in der Fig. 25 sind die beiden Hälften der Krystalliten ungleich entwickelt.

Fig. 23 stellt einen Drilling des schwefelsauren Kali in dem ersten Stadium der Entwickelung, aus drei symmetrisch verwachsenen dünnen Plättchen, dar.

Fig. 24. Eine Uebergangsform zwischen dem Drilling (Fig. 23) und den in den Fig. 13 bis 22 dargestellten Krystalliten.

Fig. 26*a* und *b*. hemimorphe, innen hohle Drillings-Krystalliten.

Tafel III.

Schwefelsaures Kali (Fig. 1—3), saures phosphorsaures Kali (Fig. 4—16).

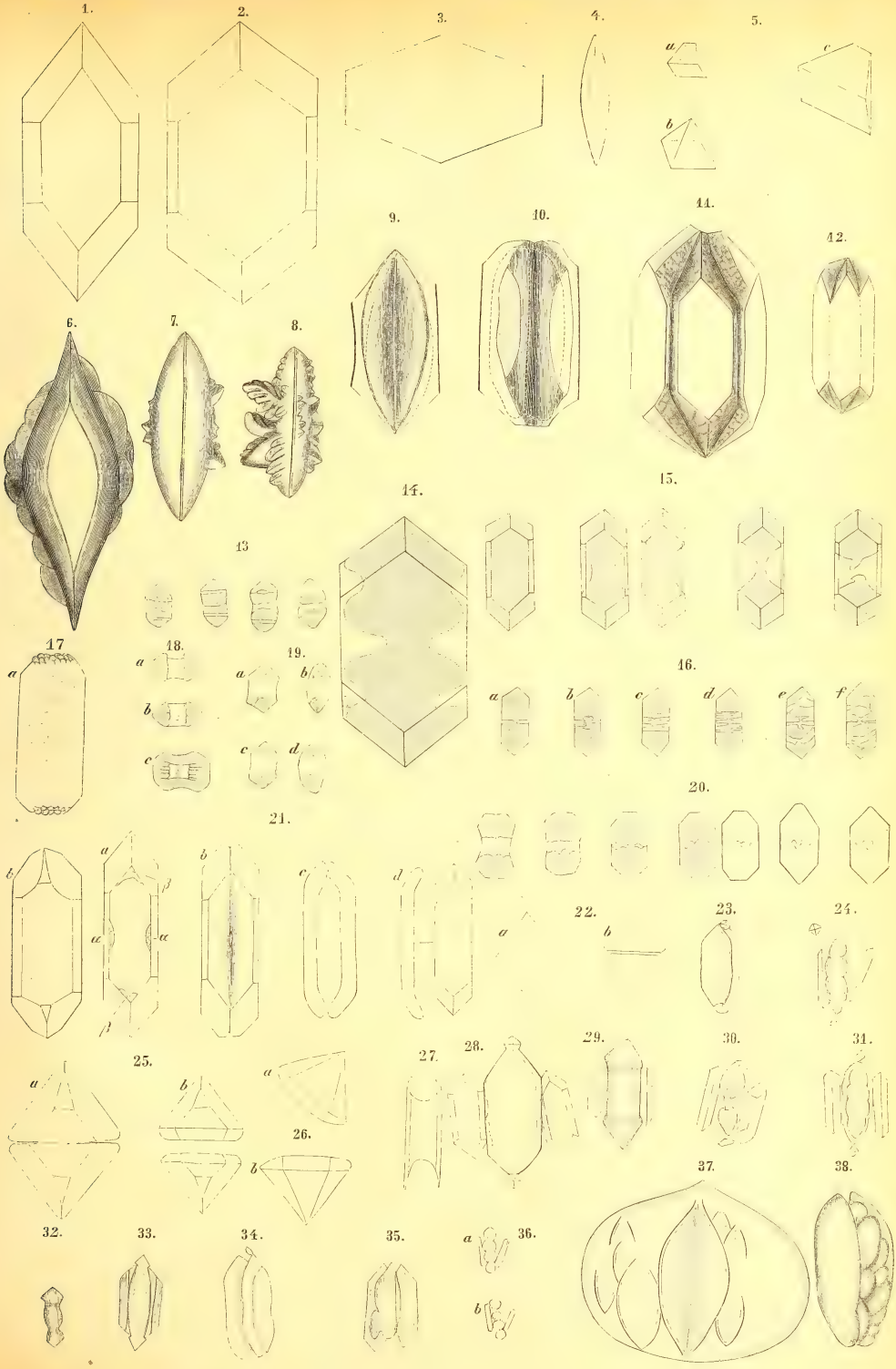
Fig. 1*a*—ein von der Fläche, *b* von der Kante aus gesehener ovaler Krystallit, welcher sich, von den in der vorigen Tafel abgebildeten, durch die Anschwellung seines mittleren Theiles auszeichnet; Fig. *c* und *d* stellen ihn in den verschiedenen Stadien der Längstheilung dar.

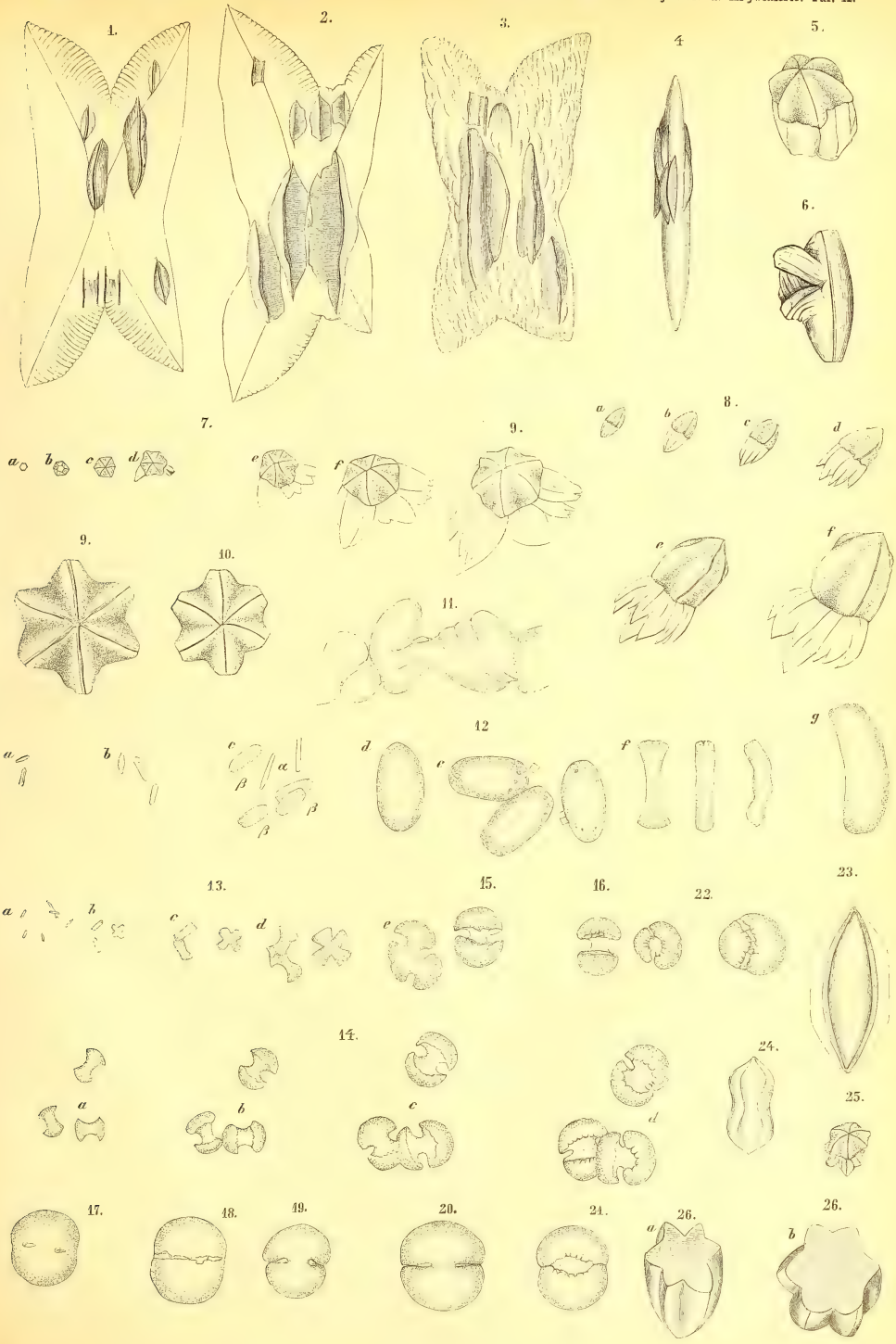
Fig. 2. Ein gleicher, im offenen Tropfen an der Luft liegender Krystallit; es ist an ihm eine Auflösung nahe der Oberfläche aufgetreten, in Folge deren eine concentrische Schichtung hervorgerufen wurde.

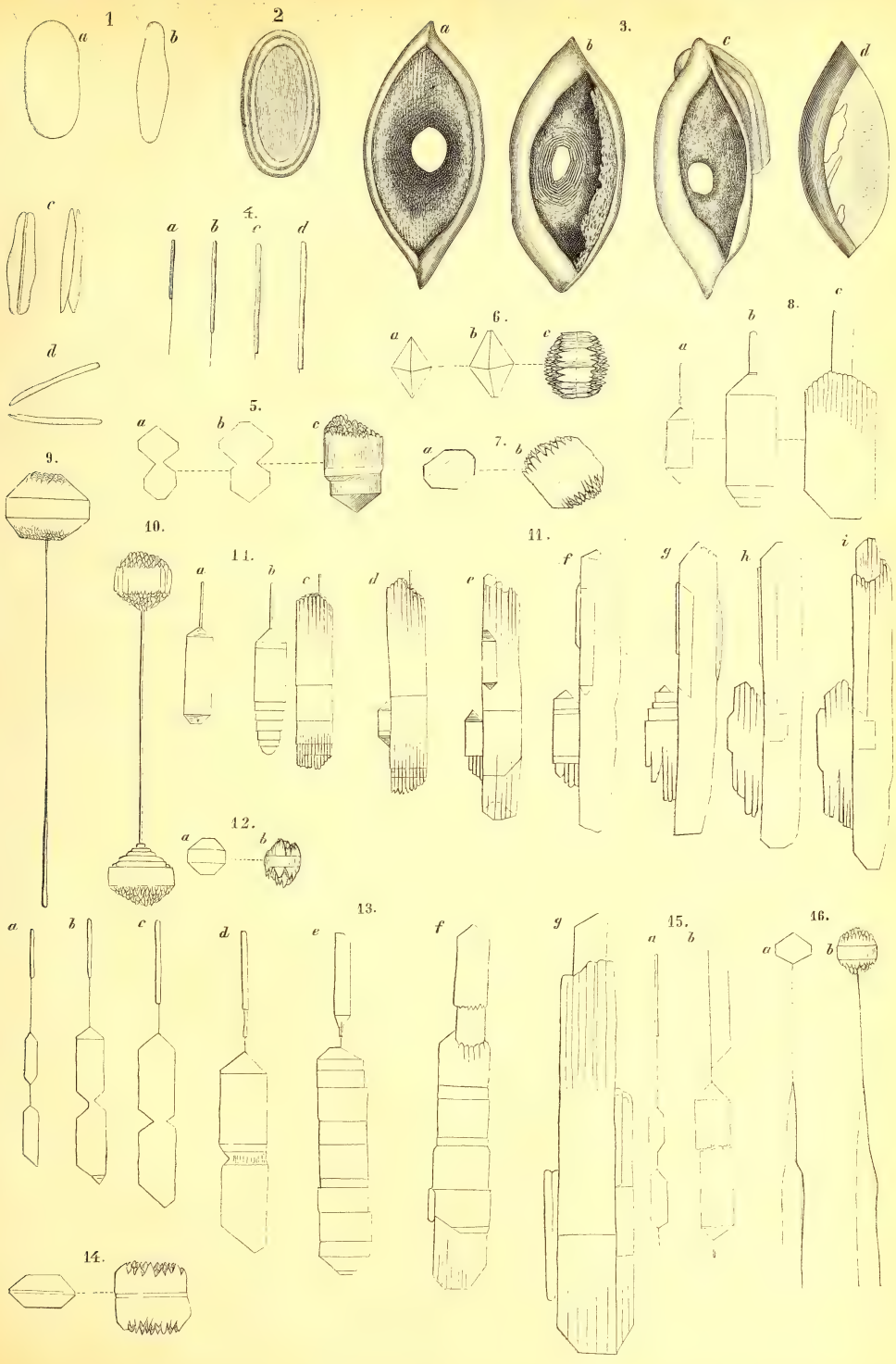
Fig. 3*a*, *b*, *c*, *d*. Abgerundete, inwendig hohle, gewöhnlich am Rande des Tropfens in Menge erscheinende Krystalle; der hohle Krystall scheint mit der Zeit seine Höhlung durch das Nachwachsen der Ränder seiner Wände zu schliessen (Fig. *c* und *d*); in Fig. *c* ist rechts ein auf seiner Oberfläche sich abgesetztes Stück derselben Substanz abgebildet; ich hatte mehrere Mal Gelegenheit zu beobachten, dass, wenn der Krystall von allen Seiten von der Mutterlauge umgeben wird, er an mehreren Stellen von solchen unregelmässigen Massen überwachsen wird. Diese Massen stossen beim weiteren

Wachsen an einander und können, mit einander verschmolzen, zu einem vollkommen ausgebildeten Krystall anwachsen.

Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, stellen die characteristischen Wachsthumsarten des sauren phosphorsauren Kali dar. Die Zeichnungen bedürfen keiner weiteren Erklärung; nur sei hier noch bemerkt, dass alle unter einer Nummer zusammengestellten Zeichnungen einem und demselben Krystall angehören.


1.
2.
3.
4.
5.
a
b
c
9.
10.
11.
12.
6.
7.
8.
13
14.
15.
17
a
18.
a
b
c
19.
a
b
c
d
16.
a
b
c
d
e
f
20.
21.
b
a
α
β
α
β
b
c
d
22.
a
23.
b
24.
25.
a
b
a
b
26.
27.
28.
29.
30.
31.
32.
33.
34.
35.
36.
a
b
37.
38.


1.
2.
3.
4
5.
6.
7.
a
b
c
d
e
f
8.
a
b
c
d
9.
9.
10.
11.
e
f
12
a
b
c
α
β
β
β
d
e
f
g
13.
14.
15.
16.
22.
23.
a
b
c
d
e
a
b
c
d
24.
25.
17.
18.
19.
20.
21.
26.
a
26.
b


1
a
b
2
3.
a
b
c
d
c
4.
a
b
c
d
d
5.
a
b
c
6.
a
b
c
7.
a
b
8.
a
b
c
9.
10.
11.
a
b
c
d
e
f
g
h
i
12.
a
b
13.
a
b
c
d
e
f
g
14.
15.
a
b
16.
a
b

Ouvrages botaniques publiés dans la VII^me^ série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences:

T. I, № 2, **Regel, E.** Die Parthenogenesis im Pflanzenreiche. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Versuche und Schriften über Samenbildung ohne Befruchtung, nebst Beleuchtung derselben nach eigenen Beobachtungen. 1859. Mit 2 Taf. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. III, № 1. **Borszczow, El.** Die Aralo-Caspischen Calligoneen. 1860. Mit 3 Taf. P. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

№ 8. **Borszczow, El.** Die pharmaceutisch-wichtigen Ferulaceen der Aralo-Caspischen Wüste, nebst allgemeinen Untersuchungen über die Abstammung der im Handel vorkommenden Gummiharze: Asa foetida, Ammoniacum und Galbanum. 1860. Mit. 8 Taf. Pr. 1 R. 95 K. = 6 Mk. 50 Pf.

T. IV, № 4. **Regel, E.** Tentamen florae Ussuriensis oder Versuch einer Flora des Ussuri-Gebietes Nach den von Herrn R. Maack gesammelten Pflanzen bearbeitet. 1861. Miit 12 Taf. Pr. 2 R. 95 K. = 9 Mk. 80 Pf.

№ 11. **Bunge, Al. v.** Anabasearum revisio. Cum tribus tabulis. 1862. Pr. 1 R. 20 K. = 4 Mk.

T. VII, № 1. **Ruprecht, F. J.** Barometrische Höhenbestimmungen im Caucasus, ausgeführt in den Jahren 1860 und 1861 für pflanzen-geographische Zweche nebst Betrachtungen über die obere Gränze der Culturpflanzen. 1863. Pr. 1 G. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. VIII, № 15. **Famintzin, A.** Die Wirkung des Lichtes auf das Wachsen der keimenden Kresse. 1865. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. IX, № 2. **Bunge, Al. v.** Uebersichtliche Zusammenstellung der Arten der Gattung Cousinia Cass. 1865. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

T. X, № 6. **Woronin, M.** Ueber die bei der Schwarzerle (Alnus glutinosa) und der gewöhnlichen Garten-Lupine (Lupinus mutabilis) auftretenden Wurzelanschwellungen. 1866. Mit 2 lith. Taf. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 11. **Maximowicz, C. J.** Rhamneae orientali-asiaticae. 1866. Cum tabula. Pr. 30 K. = 1 Mk.

№ 16. **Maximowicz, C. J.** Revisio Hydrangearum Asiae orientalis. 1867. Scripsit tabulisque 4 lapidi incisis illustravit..... Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XI, № 2. **Kauffmann, N.** Beitrag zur Kenntniss von Pistia texensis Klotsch 1867. Mit 1 lith. Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 7. **Linsser, C.** Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens in ihrem Verhältniss zu den Wärmeerscheinungen. Mit Zugrundelegung einer Bearbeitung des von dem Herrn Director der Brüsseler Sternwarte, Prof. A. Quetelet, publicirten Materials, sowie einiger nördlicheren Beobachtungsreihen. 1867. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 9. **Famintzin, A.** und **Baranetzky, J.** Zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien- und Zoosporenbildung der Flechten. 1867. Mit 1 lith. Taf. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 16. **Bunge, Al. v.** Generis Astragali species gerontogeae. Pars prior. Claves diagnosticae. 1868. Pr. 1 R. 10 K. = 3 Mk. 70 Pf.

T. XII, № 2. **Schmidt, Fr.** Reisen im Amur-Lande und auf der Insel Sachalin, im Auftrage der Kaiserlich-Russischen Geographischen Gesellschaft ausgeführt. Botanischer Theil. 1868. Mit 2 lith. Karten und 8 lith. Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. 85 K. = 9 Mk. 50 Pf.

№ 3. **Strassburger, E.** Die Befruchung bei den Farrnkräutern. 1886 Mit. 1 lith. Taf. Pr. 30 K. = Mk.

T. XIII, № 6. **Sperk, G.** Die Lehre von der Gymnospermie im Pflanzenreiche. Eine von der Kais. Universität zu Charkow gekrönte Preisschrift. 1869. Avec 7 pl. (200 fig.) lith. Pr. 1 R. 40 K. = 4 Mk. 70 Pf.

№ 8. **Linsser, C.** Untersuchungen über die periodischen Lebenserscheinunden der Pflanzen. Zweite Abhandlung: Resultate aus einer eingehenden Bearbeitung des eu-

ropäischen Materials für die Holzpflanzen in Bezug auf Wärme und Regenmenge. 1869. Pr 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

T. XIV, № 4. **Osten-Sacken,** Baron **Fr. v. d.,** et **Ruprecht, F. J.** Sertum Tianschanicum. Botanische Ergebnisse einer Reise im mittleren Tian-Schan. 1869. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. XV, № 1. **Bunge, Al. v.** Generis Astragali species gerontogeae. Pars altera. Specierum enumeratio. 1869. Pr. 1 R. 95 K. = 6 Mk. 50 Pf.

№ 2. **Ruprecht, F. J.** Flora Caucasi. Pars I. 1869. Accedunt tabulae (lith.). Pr. 2 R. 90 K. = 9 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 9. **Maximowicz, C. J.** Rhododendreae Asiae orientalis. 1870. Scripsit tabulisque 4 lapidi incisis illustravit.... Pr. 80 K. = 2 Mk. 70 Pf.

T. XVIII, № 2. **Bunge, Al. v.** Die Gattung Acantholimon Boiss. 1872. Mit 2 lith. Taf. Pr. 95 K. = 3 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 1. **Russow, E.** Vergleichende Untersuchungen betreffend die Histiologie (Histiographie und Histiogenie) der vegetativen und sporenbildenden Organe und die Entwickelung der Sporen der Leitbündel-Kryptogamen, mit Berücksichtigung der Histiologie der Phanerogamen, ausgehend von der Betrachtung der Marsiliaceen. 1872. Mit XI Taf. Abbildungen. Pr. 2 R. 75 K. = 9 Mk. 20 Pf.

T. XX, № 3. **Famintzin, A.** und **Woronin, M.** Ueber zwei neue Formen von Schleimpilzen: Ceratium hydnoides Alb. et Schw. und Ceratium porioides Alb. et Schw. 1873. Mit 3 Taf. Pr. 60 K. = 2 Mk.

T. XXI, № 1. **Bunge, Al. v.** Labiatae persicae. 1873. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

№ 9. **Gobi, Ch.** Die Brauntange (Phaeosporeae und Fucaceae) des Finnischen Meerbusens. 1874. Mit 2 Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XXII, № 1. **Bunge, Al. v.** Species generis Oxytropis Dc. 1874. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

№ 2. **Keyserling, Al.** Gen. Adiantum L. 1875. Avec 1 pl. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

№ 10. **Famintzin, A.** Beitrag zur Keimblattlehre im Pflanzenreiche. 1876. Mit 8 lith. Taf. Pr. 1 R = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXIV, № 2. **Schmalhausen, J.** Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftbehälter der Pflanzen. 1877. Avec 2 pl. Pr. 45. K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Gobi, Ch.** Die Rothtange (Floridеae) des Finnischen Meerbusens. 1877. Avec 1 pl. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. XXV, № 2. **Cienkowsky, L.** Zur Morphologie der Bacterien. 1877. Avec 2 pl. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XXVI, № 1. **Gobi, Ch.** Die Algenflora des Weissen Meeres und der demselben zunächstliegenden Theile des nördlichen Eismeeres. 1878. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 10. **Famintzin, A.** Embryologische Studien. 1879. Avec 3 pl. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 12. **Klinge, I.** Vergleichend-histiologische Untersuchung der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, insbesondere der Wurzel-Leitbündel. 1879. Avec 3 pl. Pr. 85 K = r Mk. 80 Pf.

T. XXVII, № 2. **Baranetzky, J.** Die tägliche Periodicität im Längenwachsthum der Stengel. 1879. Avec 5 pl. Pr. 1 R. 20 K. = 4 Mk.

№ 8. **Bunge, Al.** Pflanzen-geographische Betrachtungen über die Familie der Chenopodiaceen. 1880. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XXVIII, № 4. **Borodin, J.** Untersuchungen über die Pflanzenathmung. 1881. Mit 2 Taf. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.

T. XXIX, № 3. **Maximowicz, C. J.,** De Coriaria, Ilice et Monochasmate, hujusque generibus proxime affinibus Bungea et Cymbaria. 1881. Cum tabulis 4 lapidi incisis. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXXI, № 8. **Baranetzki, J.** Die kreisförmige Nutation und das Winden der Stengel. 1883. Pr. 60 K. = 2 Mk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences. Août, 1884. C. Vesselofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr. 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 11.

THEORETISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

INTERMEDIÄREN BAHNEN DER COMETEN

IN DER NÄHE EINES STÖRENDEN KÖRPERS.

VON

H. Gyldén.

(*Lu le 29 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 11.

THEORETISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

INTERMEDIÄREN BAHNEN DER COMETEN

IN DER NÄHE EINES STÖRENDEN KÖRPERS.

VON

H. Gyldén.

(*Lu le 29 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 25 Kop. = 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Septembre, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Das Problem der Kometenstörungen hat man bisher hauptsächlich in der Weise aufgefasst, als sei eine Kunst auszubilden, durch die man den numerischen Betrag der planetarischen Einwirkungen auf die Bewegung des Cometen möglichst leicht und sicher berechnen könne. Dabei hat man zwar nicht gänzlich von der Bedeutung einer solchen Kunst in theoretischer Hinsicht abgesehen, dieselbe jedoch fast immer nur in so fern berücksichtigt, wie ihre Entwickelung dem praktischen Zwecke fördernd erschien; und jedenfalls war das praktische Bedürfniss die Triebfeder, welche zur Aufsuchung von neuen Berechnungsmethoden veranlasste, die den bereits bekannten überlegener sein sollten.

Dass ein solcher Standpunkt sich in erster Linie geltend machen sollte, lag in der Natur der Sache. Es galt zunächst, um entfernte Beobachtungen mit einander verbinden zu können, die Einwirkung der in den Zwischenzeiten stattgefundenen Anziehungen der Planeten zu ermitteln, sowie die Oerter der Cometen im Voraus zu berechnen, wobei wieder die Störungen berücksichtigt werden mussten. Zu diesem Zwecke genügte es, nur das Resultat dieser Anziehungen zu kennen; ob dasselbe durch eine Thätigkeit bei der die Bedeutung der einzelnen Operationen übersichtlich erkannt wird, oder rein maschinenmässig zu Stande kam, erschien als Nebensache.

Von diesem Standpunkte aus musste die Methode der relativen Störungen mittelst mechanischer Quadraturen als eine überaus glückliche begrüsst werden. Durch dieselbe war die Kunst gefunden, die planetarischen Einwirkungen auf die Bewegung in Kegelschnitten, wie es schien, mit jeder wünschenswerthen Genauigkeit berechnen zu können; und die Regeln, nach welchen diese Rechnungen ausgeführt werden, konnten in einem sehr einfachen Schema zusammengestellt werden. Wäre nun nicht der Umstand hinzugetreten, dass die Methode in dem Maasse unsichrer wird, über einen je grösseren Zeitintervall man sie ausdehnt, so müsste sie diejenigen, welche in der theoretischen Astronomie bloss eine Collection von Formeln und Rechnungsvorschriften sehen, als den Forderungen der Wissenschaft vollkommen genügend erscheinen. Wenn man aber an die Wissenschaft eine andere Forderung stellt, und zwar die, dass sie Rechenschaft ablegen soll von dem Zusammenhang zwischen den letzten Resultaten und den ihnen zu Grunde liegenden Anschauungen, und dass

diese Rechenschaft diejenige Anschaulichkeit besitze, die einer wirklichen Erkenntniss entspricht, dann muss man zugeben, dass die jetzt gebräuchliche Methode der speciellen Störungen nicht immer wissenschaftlich genannt werden kann.

Das Ungenügende in der Methode der speciellen Störungen liegt nun aber nicht allein oder vorzugsweise darin, dass sie die Resultate mittelst mechanischer Integrationen ergiebt, sondern ist vielmehr in dem Umstande zu suchen, dass sie von der Annahme eines Kegelschnittes als ungestörte Bahn ausgeht. Wenn nämlich die Aenderungen der Elemente des Kegelschnittes, in Folge der Störungen, bedeutend werden, so gewinnen wir, indem die Bewegung in solcher Weise berechnet wird, von derselben keine klare Vorstellung: wir können alsdann das Resultat der Bewegung zwar erkennen, d. h. den Ort des bewegten Körpers zu einer beliebigen Zeit, aber wie die Bewegung vorsichgeht, entzieht sich unserer Anschauung, oder wird jedenfalls nur sehr unvollkommen percipiirt. Man kann zwar sagen, dass, indem die Aenderungen der Elemente durch Berechnung sich verfolgen lassen, die Art der Bewegung jedenfalls begrifflich festgestellt worden ist, aber weder kann die Anschauung durch Begriffe ersetzt werden, noch geht sie immer aus diesen, und vor Allem nicht immer unmittelbar hervor. Ohne Anschauung erlangt zu haben sind wir aber nicht am Ziel, denn «auf welche Art und durch welche Mittel sich auch immer eine Erkenntniss auf Gegenstände beziehen mag, so ist doch diejenige, wodurch sie sich auf dieselbe unmittelbar bezieht und worauf alles Denken als Mittel abzweckt, die Anschauung»[1]). Die Möglichkeit, die Aenderungen der Elemente zu verfolgen, genügt also an und für sich noch nicht der Forderung der Wissenschaft, die Erscheinung allseitig mit dem Geiste umspannen zu können.

Schon aus dem Umstande, dass die Aenderungen der Elemente des Kegelschnittes sich oft sehr viel grösser erweisen, als die Unterschiede zwischen den Coordinaten des bewegten Körpers und den Werthen dieser Coordinaten, wie sie im ungestörten Kegelschnitte gefunden werden, muss ein Schluss auf das Ungenügende des Ausgangspunktes, mithin der ganzen Methode gezogen werden. Wer würde auch sich solcher Hülfsmittel bedienen, wenn es darauf ankäme, die wirkliche Bahn zu construiren?

Das Vorhergehende ist nun keineswegs niedergeschrieben worden um die praktische Bedeutung der bisher angewandten Methoden, die Störungsrechnungen bei Cometen auszuführen in Abrede stellen zu wollen. Während kürzerer Zeitintervalle, und so lange die Störungen überhaupt klein sind, werden sie jedenfalls noch vielfache Verwendung finden, weshalb ihre fernere Ausbildung noch anzustreben ist. Die obigen Betrachtungen haben aber den Zweck, die Aufmerksamkeit darauf zu richten, dass diese Methoden nicht immer genügen, wenn man die Natur der Bewegung vollständig zu erkennen strebt, mithin nicht für die theoretische Astronomie als selbständige Wissenschaft. — Die Einwände gegen die Methode

1) Kant, Werke, ed. Hartenstein, III, p. 55.

der speciellen Störungen treffen auch, wenngleich in geringerem Grade die Methode der allgemeinen, oder wie man sie auch zuweilen, wenn auch nicht ganz mit Recht, genannt hat, die Methode der absoluten Störungen, vorausgesetzt dass die Störungen an elliptischen Elementen oder an den, auf Grund der elliptischen Theorie berechneten Coordinaten angebracht werden sollen. Solche Störungen wachsen nämlich auch nothwendig mit der Zeit zu grossen Beträgen an, wodurch die Anschauung der Bewegungserscheinungen schwer zu erlangen ist. Nur so lange die Störungen klein sind, also während begränzter Zeitintervalle, deren Dauer jedoch sehr verschieden sein kann, genügt diejenige Darstellungsweise den Forderungen der Wissenschaft, in welcher die Bewegung mittelst der Kepler'schen Gesetze nebst den, durch allgemeine Ausdrücke angegebenen Störungsgleichungen angegeben wird. Werden aber die Störungen der elliptischen Elemente während einer kurzen Zeit sehr gross, so wird es erstens ungemein schwierig, die allgemeinen Ausdrücke derselben zu berechnen, und zweitens würde das in solcher Weise erlangte analytische Resultat uns nicht genügend verständlich sein.

Seit mehreren Jahren habe ich mich bemüht, einen allgemeineren, und in gewissen Fällen auch zweckmässigeren Ausgangspunkt für die Untersuchung der Bewegungen der Himmelskörper festzustellen, und bin dadurch auf die Methode der intermediären Bahnen geführt worden. Unter einer intermediären Bahn verstehe ich nun eine solche, die sich der wirklichen Bahn so nahe anschliesst, dass die Unterschiede zwischen der intermediären und der wirklichen Bewegung als unwesentlich für die Charakteristik letzterer anzusehen sind. Behält die intermediäre Bahn diese Eigenschaft zu jeder Zeit, so nenne ich sie die absolute Bahn. — In dieser Definition liegt eine gewisse Willkür, welche aber durch die Fortschritte der Wissenschaft verringert wird, indem jene Unterschiede immer kleiner werden müssen, je mehr es gelingt, den wirklichen Lauf begrifflich und anschaulich zu verfolgen.

Die intermediären Bahnen der Planeten können im Allgemeinen als Kepler'sche Ellipsen angesehen werden, wenn nur eine mässige Anzahl von Umläufen in Betracht gezogen werden. Soll aber die intermediäre Bahn den an sie gestellten Forderungen während längerer Zeiträume entsprechen, so muss die Ellipse durch eine andere Curve ersetzt werden, in welcher die Bewegung der Apsiden bereits ihre Berücksichtigung gefunden hat. Solche Curven lassen sich auf mehrere Weisen angeben. Bei kleinen Excentricitäten kann man z. B. die von Hrn. Thiele in den Astr. Nachr. № 2429 in Erinnerung gebrachte Form wählen, die aus der allgemeineren, in meiner zweiten Abhandlung über die Theorie der Bewegungen der Himmelskörper erwähnten hervorgeht, wenn man den Modul der elliptischen Functionen gleich Null setzt. Für die Mondtheorie dürfte diese Form für immer genügen und die entsprechende intermediäre Bahn mit der absoluten mithin zu identificiren sein. Für die Mehrzahl der kleinen Planeten dürfte sie ebenfalls genügen, wenn man die Bewegung während einiger Jahrhunderte betrachtet; den absoluten Bahnen der Planeten entspricht aber diese Form nicht, denn sie giebt keine Rechenschaft von den Secularänderungen der Excentricitäten. Da aber diese Aenderungen der Bahnexcentricität des störenden Planeten nahezu

proportional sind und diese in unserem Sonnensysteme immer geringe Werthe haben, so kann der Betrag der Secularänderungen der Excentricitäten in einigen Jahrhunderten bei den kleinen Planeten nicht sehr gross werden, und aus demselben Grunde auch nicht die der mittleren Längen.

Bei den periodischen Cometen würde, angesichts der bedeutenden Excentricitäten, die oben erwähnte Form nicht mehr anwendbar sein, sobald die Störungen der elliptischen Elemente überhaupt schnell anwachsen können. Hingegen würde die Darstellungsweise, wie ich sie in der ersten der oben näher bezeichneten Abhandlungen gewählt habe, hier Verwendung finden können. Es ist aber hier die Frage überhaupt zu stellen, ob unser Begriffssystem schon hinreichend ausgebildet ist, dass wir eine intermediäre Bahn, welche den Lauf des Cometen während mehrerer Umläufe repräsentirt, erfassen können. Wenn grössere Annäherungen an Planeten stattfinden, ist dies nicht anzunehmen, und wir stehen nun vor der Wahl, entweder auf die Erkenntniss der Bahn vorläufig zu verzichten, oder auch die Gültigkeit dieser auf kürzere Zeiten zu beschränken. Es erleidet keinen Zweifel, dass nicht die letztere Alternative gewählt werden muss, denn man wird auf diesem Wege doch schliesslich zur Erkenntniss der vollständigen Bahn gelangen, wenn diese uns auch vorläufig versagt ist.

Eine intermediäre Bahn entspricht der Integration eines desto mehr complicirten Systems von Differentialgleichungen, je länger und je genauer sie die Bewegung darstellen soll. Bei den Versuchen, derartige Integrationen auszuführen, erreicht man nun sehr bald die Gränzen, und es ist die Aufgabe der theoretischen Astronomie, diese zu erweitern. Wenn wir nämlich auch nicht die vollständigen Differentialgleichungen der Bewegung integriren können, so gelingt es doch, uns der Kenntniss dieser Integrale zu nähern, indem wir einfachere Differentialgleichungen integriren, deren Unterschiede von den vollständigen möglichst klein gemacht werden. Die Bedingung aber, dass diese Unterschiede stets sehr klein sein sollen, ist in der Regel nur dadurch zu erfüllen, dass man die Zeit beschränkt, innerhalb der die einfacheren Gleichungen die vollständigeren ersetzen sollen.

Die Erweiterung der Theorie der Cometenbewegungen wird nach dem Obigen also darin bestehen, dass man die vollständigen Differentialgleichungen der Bewegung auf einfachere reducirt, deren Integrale erlangt werden können, und dabei die Bedingung stellt, dass die Unterschiede beider Systeme von Differentialgleichungen zu keinem wesentlichen Unterschiede der Bewegung während einer bestimmten Zeit Veranlassung giebt. Der erste Schritt in dieser Richtung war im Grunde auch der, wodurch ein Kegelschnitt als die intermediäre Bahn angenommen wurde. Die Abweichungen der Bewegung im Kegelschnitte von der wirklichen sind aber meistens so erheblich, dass eine solche Curve nur während der kurzen Zeit einer Apparition genügt, und bei Annäherungen des Cometen an Planeten nur eine sehr trübe Vorstellung von der wirklichen Bewegung gewährt.

In der vorliegenden Abhandlung habe ich die in Rede stehende Reduction in der Weise ausgeführt, dass die resultirenden Differentialgleichungen mit denen identisch sind,

welche gelten, wenn nur eine Centralkraft, aber von einer allgemeineren Form als die Newton'sche, wirksam ist. Dass eine solche Reduction erfolgreich sein kann, ist durch die Berechnung eines Beispieles ausser Zweifel gestellt worden, welches Hr. Shdanow aus St. Petersburg auszuführen die Güte hatte, und worüber er selbst seiner Zeit berichten wird. — Die Unterschiede von den strengen Gleichungen, welche Unterschiede jetzt als Störungen berücksichtigt werden müssen, erwiesen sich dabei als so klein, dass die intermediäre Bahn sich genügend an die wirkliche Bewegung während der vorher bestimmten Zeitpunkte anschloss, innerhalb welcher jedoch eine ziemlich starke Annäherung an Jupiter stattfand. Andrerseits bedingt eine Centralkraft, welche als eine Function des Radius-Vectors dargestellt werden kann, Bahnen von genügender Anschaulichkeit, da man bereits einige sehr einfache geometrische Eigenschaften derselben kennt.

Der Fall, den ich in dieser Abhandlung betrachtet habe, ist der in unserem Sonnensysteme nicht selten vorkommende, wo ein Comet einem Planeten sehr nahe kommt, ohne jedoch solche Störungen dabei zu erleiden, dass die elliptischen Bahnen vor und nach der Annäherung gänzlich verschieden wären. Bei solchen Annäherungen beschreibt der Comet eine intermediäre Bahn, welche entweder dem ersten oder dem zweiten, in den Astr. Nachrichten № 2445—46 näher bezeichneten Fällen angehört, d. h. die Gleichung

$$-c_0 + 2\mu_1 r - hr^2 + \mu_2 r^4 = 0$$

wird 4 reelle Wurzeln haben, oder die Gleichung

$$-c_0 + 2\mu_1 r - hr^2 - \mu_2 r^4 = 0$$

zwei reelle und zwei imaginäre. Der erste dieser Fälle wird häufig eintreffen, wenn der Comet von der Sonne entfernter ist als der Planet, der andere wenn das Umgekehrte stattfindet.

Eigentliche Rechnungsvorschriften werde ich übrigens jetzt nicht geben, sondern mich wesentlich auf die Mittheilung der Principien der Untersuchung beschränken.

1.

Die rechtwinkligen Coordinaten des Cometen, bezogen auf den Mittelpunkt der Sonne, bezeichne ich durch x, y, z, und die des Planeten durch x', y', z'. In gewöhnlicher Weise setze ich ferner:

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$$

$$(\Delta)^2 = (x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2$$

Wenn nun die Masse des Planeten durch m' bezeichnet wird, indem man die der Sonne als Einheit annimmt, so gelten die Gleichungen:

$$(1)\qquad \begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} + k^2\frac{x}{r^3} = m'k^2\frac{x'-x}{(\Delta)^3} - m'k^2\frac{x'}{r'^3} \\ \frac{d^2y}{dt^2} + k^2\frac{y}{r^3} = m'k^2\frac{y'-y}{(\Delta)^3} - m'k^2\frac{y'}{r'^3} \\ \frac{d^2z}{dt^2} + k^2\frac{z}{r^3} = m'k^2\frac{z'-z}{(\Delta)^3} - m'k^2\frac{z'}{r'^3} \end{cases}$$

Die Masse des Cometen ist hierbei als verschwindend angenommen, und die Intensität der Anziehung, bei üblichen Einheiten für Masse, Entfernung und Zeit durch k^2 bezeichnet worden.

Aus dem Systeme (1) werde ich nun zunächst ein anderes herleiten, bei dem die Glieder rechter Hand so klein sind, dass man sie in der Regel als bekannt ansehen kann.

Da die erwähnte Transformation namentlich für den Fall gelten soll, wo die Differenzen $x'-x$, $y'-y$ und $z'-z$ gleichzeitig sehr klein werden, indem nur unter dieser Bedingung die Entfernung (Δ) sehr klein werden kann, so werde ich eben in diesem Umstande das Mittel suchen, die Transformation durchzuführen und zu erleichtern.

Bisher ist das rechtwinklige Coordinatensystem noch in keiner anderen Weise bestimmt worden, als dadurch, dass sein Anfangspunkt mit dem Mittelpunkte der Sonne zusammenfallen soll. Wir werden jetzt die x-Achse mit der Knotenlinie der instantanen Bahnebenen des Cometen und des Planeten zusammenfallen lassen, und als xy-Ebene die instantane Bahnebene des Cometen annehmen. Die Relationen zwischen den Coordinaten in diesem Systeme und denen, welche auf eine feste Grundebene und eine feste Grundrichtung bezogen sind, brauchen hier nicht angeführt zu werden, da sie bereits in Arbeiten von Lagrange und Hansen ausführlich erörtert worden sind. Ebenso werde ich hier die Gleichungen bei Seite lassen, welche die Bewegungen der Bahnebene bestimmen. Man kann diese Bewegung ermitteln, entweder durch die bekannten, von Hansen angegebenen Formeln, oder auch sich der Gleichungen bedienen, die ich in der dritten Abhandlung der Untersuchungen über die Theorie der Bewegung der Himmelskörper gegeben habe.

Die Längen des Cometen und des Planeten, jede in der respectiven Bahnebene gezählt, nenne ich v und v', und bezeichne die Winkel zwischen der x-Achse und den Richtungen nach den Punkten, von welchen aus v und v' gezählt werden, durch Π und Π'. Wenn endlich die gegenseitige Neigung der beiden Bahnebenen durch J bezeichnet wird, so hat man:

$$x = r\cos(v+\Pi); \qquad x' = r'\cos(v'+\Pi')$$
$$y = r\sin(v+\Pi); \qquad y' = r'\cos J\sin(v'+\Pi')$$
$$z = 0 \qquad ; \qquad z' = -r'\sin J\sin(v'+\Pi')$$

Um die Schreibweise zu vereinfachen, setze ich:

$$v + \Pi - (v' + \Pi') = D,$$

und finde nun leicht die nachstehenden Relationen:

$$x' = \frac{r'}{r} x \cos D + \frac{r'}{r} y \sin D$$

$$y' = \frac{r'}{r} y \cos D - \frac{r'}{r} x \sin D - 2r' \sin \tfrac{1}{2} J^2 \sin (v' + \Pi')$$

Nun sind aber, unseren Voraussetzungen gemäss, sowohl der Winkel D als auch die Differenz $r' - r$ kleine Grössen; wir setzen daher:

$$\text{(2)} \qquad \begin{cases} x' - x = Ux + Vy \\ y' - y = Uy - Vx - 2v' \sin \tfrac{1}{2} J^2 \sin (v' + \Pi') \end{cases}$$

in denen U und V kleine Grössen bezeichnen, welche durch die nachstehenden Formeln gegeben sind:

$$U = \frac{r' - r}{r} \cos D - 2 \frac{r'}{r} \sin \tfrac{1}{2} D^2$$

$$V = \frac{r'}{r} \sin D$$

Die obigen Werthe von x und y geben uns, wenn sie differentiirt werden,

$$\frac{dx}{dt} = -y \left(\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt} \right) + x \frac{1}{r} \frac{dr}{dt}$$

$$\frac{dy}{dt} = x \left(\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt} \right) + y \frac{1}{r} \frac{dr}{dt}$$

und hieraus folgen die Beziehungen:

$$x = -\frac{\frac{1}{r} \frac{dr}{dt}}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} y + \frac{1}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dv}} \frac{dy}{dt}$$

$$y = \frac{\frac{1}{r} \frac{dr}{dt}}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} x - \frac{1}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} \frac{dx}{dt}$$

Mit diesen Werthen erhalten wir aus den Gleichungen (2):

$$\text{(3)} \qquad \begin{cases} x' - x = \left[U + V \dfrac{\frac{1}{r} \frac{dr}{dt}}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} \right] x - \dfrac{V}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} \dfrac{dx}{dt} \\ y' - y = \left[U + V \dfrac{\frac{1}{r} \frac{dr}{dt}}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} \right] y - \dfrac{V}{\frac{dv}{dt} + \frac{d\Pi}{dt}} \dfrac{dy}{dt} \end{cases}$$

Wenn nun x' und y' mittelst dieser Ausdrücke, aus dem Systeme (1) eliminirt werden, so erhalten wir ein transformirtes System, nämlich

$$(4)\qquad \begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} + P_1\frac{dx}{dt} + P_2 x = 0 \\ \frac{d^2y}{dt^2} + P_1\frac{dy}{dt} + P_2 y = -2m'k^2r'\sin\tfrac{1}{2}J^2\sin(v'+\Pi')\left(\frac{1}{(\Delta)^3}-\frac{1}{r'^3}\right), \end{cases}$$

wo wir bezeichnet haben

$$(5)\qquad \begin{cases} P_1 = m'k^2\,\dfrac{V}{\frac{dv}{dt}+\frac{d\Pi}{dt}}\left\{\frac{1}{(\Delta)^3}-\frac{1}{r'^3}\right\} \\ P_2 = k^2\left\{\frac{1}{r^3}+\frac{m'}{r'^3}-m'\left\{U+V\,\dfrac{\frac{1}{r}\frac{dr}{dt}}{\frac{dv}{dt}+\frac{d\Pi}{dt}}\right\}\left\{\frac{1}{(\Delta)^3}-\frac{1}{r'^3}\right\}\right\} \end{cases}$$

Wenn nun die gegenseitige Neigung einen mässigen Werth hat, also etwa einen solchen, den wir bei den periodischen Cometen überwiegend antreffen, so ist die rechte Seite der zweiten der Gleichungen (4) als eine sehr kleine Grösse anzusehen, die man oft sogar ganz und gar vernachlässigen kann, die man aber jedenfalls als bekannt voraussetzen darf, indem nur sehr rohe Ausdrücke der Coordinaten genügen, um sie mit der erforderlichen Genauigkeit herzustellen.

Das System (4) ist zwar nicht unmittelbar integrabel; man kann es aber zurückführen auf ein direct integrirbares System, d. h. auf ein solches, welches ohne Annäherungen anwenden zu müssen integrirt werden kann, wobei jedoch noch die Integration einer Differentialgleichung zweiter Ordnung zu leisten ist. Ausserdem bleibt noch eine Quadratur auszuführen. Die einzige wesentliche Schwierigkeit, welche nachbleibt, liegt also in der Integration der gedachten Gleichung zweiter Ordnung; es wird sich aber zeigen, dass von den Annäherungen, durch welche die Integration ausgeführt werden muss, bereits die erste ein so genähertes Resultat ergiebt, dass die folgenden, wenn sie überhaupt nöthig werden, mit der grössten Leichtigkeit ausgeführt werden können.

2.

Wenn man die Integrale der Gleichungen (4) kennt, unter Voraussetzung, dass das als bekannt angenommene Glied rechter Hand Null ist, so findet man auch leicht die Integrale des vollständigen Systems. Der grösseren Allgemeinheit wegen nehmen wir an, dass auch die erste Gleichung dieses Systems ein bekanntes Glied rechter Hand besitzt; und wir bezeichnen die bekannten Glieder der beiden Gleichungen durch X und Y.

Wir nehmen also an, dass die Integrale des Systems

$$(6)\qquad \begin{cases} \frac{d^2x_0}{dt^2} + P_1\frac{dx_0}{dt} + P_2x_0 = 0 \\ \frac{d^2y_0}{dt^2} + P_1\frac{dy_0}{dt} + P_3y_0 = 0 \end{cases}$$

bekannt sind. Aus diesen Gleichungen, in Verbindung mit den Gleichungen (4), erhält man

$$x_0\frac{d^2x}{dt^2} - x\frac{d^2x_0}{dt^2} + P_1\left(x_0\frac{dx}{dt} - x\frac{dx_0}{dt}\right) = x_0X$$

$$y_0\frac{d^2x}{dt^2} - x\frac{d^2y_0}{dt^2} + P_1\left(y_0\frac{dx}{dt} - x\frac{dy_0}{dt}\right) = y_0X$$

$$x_0\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2x_0}{dt^2} + P_1\left(x_0\frac{dy}{dt} - y\frac{dx_0}{dt}\right) = x_0Y$$

$$y_0\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2y_0}{dt^2} + P_1\left(y_0\frac{dy}{dt} - y\frac{dy_0}{dt}\right) = y_0Y$$

Die Integrale dieser Gleichungen finden sich sogleich. Es ergeben sich, indem wir mit l_1, l_2, l_3, l_4, die vier Integrationsconstanten bezeichnen,

$$x_0\frac{dx}{dt} - x\frac{dx_0}{dt} = e^{-\int P_1dt}\left\{l_1 + \int e^{\int P_1dt}x_0Xdt\right\}$$

$$y_0\frac{dx}{dt} - x\frac{dy_0}{dt} = e^{-\int P_1dt}\left\{l_2 + \int e^{\int P_1dt}y_0Xdt\right\}$$

$$x_0\frac{dy}{dt} - y\frac{dx_0}{dt} = e^{-\int P_1dt}\left\{l_3 + \int e^{\int P_1dt}x_0Ydt\right\}$$

$$y_0\frac{dy}{dt} - y\frac{dy_0}{dt} = e^{-\int P_1dt}\left\{l_4 + \int e^{\int P_1dt}y_0Ydt\right\}$$

Da man aber auch hat:

$$x_0\frac{dy_0}{dt} - y_0\frac{dx_0}{dt} = le^{-\int P_1dt},$$

wo l eine neue Integrationsconstante bedeutet, so findet sich:

$$x = \frac{1}{l}\left\{y_0\left[l_1 + \int e^{\int P_1dt}x_0Xdt\right] - x_0\left[l_2 + \int e^{\int P_1dt}y_0Xdt\right]\right\}$$

$$y = \frac{1}{l}\left\{y_0\left[l_3 + \int e^{\int P_1dt}x_0Ydt\right] - x_0\left[l_4 + \int e^{\int P_1dt}y_0Ydt\right]\right\}$$

Wir wenden uns jetzt an die Integration des Systems (6), und beginnen damit, dass wir statt x_0 und y_0 zwei neue Functionen ξ und η einführen. Hierbei bezeichnen wir durch ψ eine noch unbestimmte Function, von der wir aber voraussetzen, dass sie innerhalb der Gränzen, welche für die Gültigkeit unserer Lösung gelten sollen, immer sehr kleine Werthe annimmt. Endlich führen wir statt t die reducirte Zeit τ als unabhängige Veränderliche ein.

Wir stellen nun die folgenden Bezeichnungen zwischen den neuen und den früheren Veränderlichen fest, indem wir setzen:

$$x_0 = \frac{\xi}{1+\psi}; \quad y_0 = \frac{\eta}{1+\psi}$$

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{e^{\int P_1 dt}}{(1+\psi)^2}$$

Nach gehörigen Reductionen erhalten wir mit diesen Werthen aus (6) das folgende System:

$$(7) \qquad \begin{cases} \frac{d^2\xi}{d\tau^2} + \left[\frac{P_2}{(1+\psi)^4} e^{2\int P_1 dt} - \frac{1}{1+\psi}\frac{d^2\psi}{d\tau^2}\right]\xi = 0 \\ \frac{d^2y}{d\tau^2} + \left[\frac{P_2}{(1+\psi)^4} e^{2\int P_1 dt} - \frac{1}{1+\psi}\frac{d^2\psi}{d\tau^2}\right]\eta = 0 \end{cases}$$

Die Function ψ kann nun in verschiedener Weise bestimmt werden, wenn es nur darauf ankommt, das System (7) integrabel zu machen. Man braucht nämlich nur ψ aus der Differentialgleichung

$$(8) \qquad \frac{d^2\psi}{d\tau^2} - \frac{P_2}{(1+\psi)^3} e^{2\int P_1 dt} + (1+\psi) Q = 0$$

zu bestimmen, und dabei die noch völlig unbestimmte Grösse Q diesem Zwecke entsprechend zu wählen. Man könnte z. B. für dieselbe einen constanten Werth annehmen, und erhielte hierauf unmittelbar die Integrale des Systems (7). Die Bestimmung der Grösse Q muss aber auch einer anderen Bedingung genügen, nämlich der, dass die Function ψ sehr klein bleibt. Um die Schritte beurtheilen zu können, welche zur Erfüllung dieser Bedingung erforderlich sind, müssen wir die Functionen P_1 und P_2 etwas genauer untersuchen, sowie die Art und Weise, wie sie innerhalb begränzter Zeiträume dargestellt werden können.

3.

Hansen hat bekanntlich, indem er eine sogenannte partielle Anomalie als Argument in die Störungsfunction einführte, bei der Entwickelung derselben eine beliebig zu erhöhende Convergenz nach diesem Argumente erzielt. Handelt es sich nun darum, die Entwickelung als bloss während einer bestimmten, jedenfalls auf weniger als einen Umlauf beschränkten Zeit gültig herzustellen, so kann die Störungsfunction als bloss von einem einzigen Argumente, nämlich von der partiellen Anomalie, abhängig gedacht werden. Man kann dabei diese partielle Anomalie der Art wählen, dass nicht nur die in der rein elliptischen Bewegung geltenden Coordinaten des Cometen, sondern auch die des Planeten als reine Cosinus-Functionen erscheinen. Und demzufolge erhält man eine ähnliche Form auch für die Störungsfunction, wenigstens in so fern man Grössen zweiter Ordnung vernachlässigt. Wird also die partielle Anomalie durch ω bezeichnet, so werden die erwähnten Functionen durch Reihen der Form:

(**a**) $$A_0 + A_1 \cos\omega + A_2 \cos 2\omega + \ldots$$

dargestellt. Zu gleicher Zeit erlangt man für das Differential der Zeit einen Ausdruck der Form:

(**b**) $$dt = (B_1 \sin\omega + B_2 \sin 2\omega + \ldots)\, d\omega$$

Wie man leicht bemerkt, ist die Form (**a**) auch diejenige, welche die Functionen U und V annehmen, wenn sie von der partiellen Anomalie abhängig gemacht werden, und desgleichen nimmt auch P_1 diese Form an. Bei der Function P_2 werden wir aber sogleich eine andere Form in Anwendung bringen, nämlich

$$P_2 = \frac{\gamma}{r^3} + \gamma_0 + \gamma_1 \cos\omega + \gamma_2 \cos 2\omega + \ldots$$

Alle diese Entwickelungen gelten selbstverständlich zunächst nur unter der Annahme, dass die Glieder zweiter Ordnung in Bezug auf m' vernachlässigt worden sind. Man bemerkt jedoch leicht, dass dieselben Formen auch später, bei Berücksichtigung von Gliedern höherer Ordnung noch bestehen bleiben.

Da nun die Coordinaten x und y sich von den Grössen x_0 und y_0 nur um sehr kleine Quantitäten unterscheiden, so ist, wenn man setzt:

$$r_0^2 = x_0^2 + y_0^2$$
$$\frac{1}{r^3} = \frac{1}{r_0^3} + S,$$

S ebenfalls eine sehr kleine Grösse, die durch eine Reihe der Form (a) darstellbar ist. Die Function P_2 können wir also auch durch die Formel

$$P_2 = \frac{\gamma}{r_0^3} + \gamma_0 + \gamma_1 \cos\omega + \gamma_2 \cos 2\omega + \ldots$$

angeben, wobei aber die γ nicht genau dieselbe Bedeutung haben wie vorher. — Es ist, in Bezug auf diese Coefficienten, noch zu erinnern, dass sie sämmtlich, mit Ausnahme des ersten, mit der störenden Masse multiplicirt sind und sehr stark convergiren.

Die angegebene Form für P_2 kann aber noch vereinfacht, und für unseren Zweck weit entsprechender gemacht werden, und zwar auf Grund der einfachen Bemerkung, dass auch $\frac{1}{r_0^3}$ durch eine Reihe der Form (**a**) darstellbar ist, woraus folgt, dass man für $\cos\omega$ einen Ausdruck der Form:

$$\cos\omega = -\frac{\delta}{r_0^3} + \delta_0 + \delta_2 \cos 2\omega + \delta_3 \cos 3\omega + \ldots$$

herstellen kann, in der zwar die Coefficienten δ und δ_0 sehr erhebliche Werthe erlangen können, die übrigen aber jedenfalls kleiner als die Einheit sind.

Dies vorausgesetzt wenden wir uns wieder an die Gl. (8), wobei wir sofort bemerken, dass das darin vorkommende Product $P_2 e^{2\int P_1 dt}$ durch eine Gleichung der Form

$$P_2 e^{2\int P_1 dt} = \frac{\mu_1}{r_0^3} + \mu_2 + L$$

gegeben werden kann, wobei die Function die Form hat:

$$L = \alpha_2 \cos 2\omega + \alpha_3 \cos 3\alpha + \ldots$$

und als eine sehr kleine Grösse anzusehen ist.

Hierauf setzen wir:

$$\rho^2 = \xi^2 + \eta^2$$

oder, was damit gleichbedeutend ist,

$$\rho = r_0 (1 + \psi)$$

Aus der Gl. (8) erhalten wir nun:

$$\frac{d^2\psi}{d\tau^2} - \frac{1}{(1+\psi)^3} \left\{ \frac{\mu_1 (1+\psi)^3}{\rho^3} + \mu_2 + L \right\} + (1 + \psi) Q = 0$$

und bestimmen wir Q aus der Gleichung

$$Q = \frac{\mu_1}{\rho^3} + \mu_2,$$

so erhalten wir:

$$\frac{d^2\psi}{d\tau^2} + \left(\frac{\mu_1}{\rho^3} + \mu_2\right) \psi = L - 3 (\mu_2 + L) \psi + \ldots \tag{9}$$

Das Glied $3\mu_2\psi$ rechter Hand ist zwar dreimal so gross als das entsprechende Glied linker Hand, woher man wohl der Meinung sein könnte, die beiden Glieder müssten zusammengezogen werden. Ich habe sie aber getrennt stehen lassen, um das Integral der Gl. (9) unmittelbar aufstellen zu können, nachdem die Ausdrücke von ξ und η gefunden worden sind. Bei der ersten Annäherung hat man von den Gliedern linker Hand in der Gl. (8) bloss L zu berücksichtigen, und erhält somit schon einen sehr genäherten Werth von ψ, da μ_2 auf alle Fälle eine kleine Grösse ist.

Nach der soeben festgestellten Bestimmung von ψ erhalten wir aus den Gleichungen (7) das folgende System

$$\begin{cases} \frac{d^2\xi}{d\tau^2} + \left[\frac{\mu_1}{\rho^3} + \mu_2\right] \xi = 0 \\ \frac{d^2\eta}{d\tau^2} + \left[\frac{\mu_1}{\rho^3} + \mu_2\right] \eta = 0, \end{cases} \tag{10}$$

also Gleichungen, die direct integrirt werden können.

4.

Die Integration des Systems (10) habe ich bereits bei anderen Gelegenheiten ausgeführt, nämlich in der ersten Abhandlung über die Theorie der Bewegungen der Himmelskörper, wobei ein negativer Werth von μ_2 vorausgesetzt wurde, sowie dass ein Maximum und ein Minimum von ϱ existire; und schon früher in der Abhandlung «über die Bahn eines materiellen Punktes etc.» unter der Annahme, dass μ_2 positiv sei. Ich werde jetzt die Integration auf einem anderen Wege ausführen und dabei annehmen, dass μ_2 eine kleine Grösse bedeutet. Die Resultate werden gelten, auch wenn μ_2 negativ wird; sie werden alsdann unter der Form von elliptischen Functionen mit imaginärem Modulus erscheinen, die aber bekanntlich leicht auf solche mit reellem Modulus zurückzuführen sind. Die Untersuchung selbst werde ich etwas allgemeiner führen, als hier eigentlich nöthig wäre: ich werde nämlich voraussetzen, dass die rechten Seiten der Gleichungen (10) nicht Null, sondern respective Ξ und Υ sind, indem ich mit diesen Symbolen bekannte Functionen bezeichne, von denen angenommen wird, dass sie nie grosse Werthe erlangen können.

Nachdem man gesetzt hat:

$$\xi = \varrho \cos v; \quad \eta = \varrho \sin v,$$

findet sich augenblicklich aus den Gleichungen (10):

$$\frac{d\left(\xi \frac{d\eta}{d\tau} - \eta \frac{d\xi}{d\tau}\right)}{d\tau} = \frac{d\left(\varrho^2 \frac{dv}{d\tau}\right)}{d\tau} = \xi\Upsilon - \eta\Xi$$

Diese Gleichung integriren wir und bezeichnen dabei die Integrationsconstante mit $\sqrt{c}$; ferner bestimmen wir eine neue Veränderliche v_0 durch die Gleichung

$$\varrho^2 \frac{dv_0}{d\tau} = \sqrt{c_0}$$

und bezeichnen:

$$v - v_0 = \chi$$

Da wir nun einerseits

$$\varrho^2 \frac{dv}{d\tau} = \sqrt{c_0} + \int (\xi\Upsilon - \eta\Xi)\, d\tau$$

und andrerseits

$$(\alpha) \qquad \varrho^2 \frac{dv}{d\tau} = \sqrt{c_0} + \varrho^2 \frac{d\chi}{d\tau} = \sqrt{c_0}\left(1 + \frac{d\chi}{dv_0}\right)$$

haben, so ergiebt sich:

$$\frac{d\chi}{dv_0} = \frac{1}{c_0} \int \varrho^2 (\xi\Upsilon - \eta\Xi)\, dv_0$$

Die Gleichungen (10) geben uns ferner, immer unter der Voraussetzung, dass die rechten Seiten Ξ, resp. Υ sind,

$$(\beta) \qquad \xi \frac{d^2\xi}{d\tau^2} + \eta \frac{d^2\eta}{d\tau^2} + \frac{\mu_1}{\rho} + \mu_2\rho^2 = \xi\Xi + \eta\Upsilon$$

Um hier Alles linker Hand durch ρ auszudrücken, beachten wir die Relationen

$$\xi \frac{d\xi}{d\tau} + \eta \frac{d\eta}{d\tau} = \rho \frac{d\rho}{d\tau}$$

$$\xi \frac{d^2\xi}{d\tau^2} + \eta \frac{d^2\eta}{d\tau^2} + \left(\frac{d\xi}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)^2 = \rho \frac{d^2\rho}{d\tau^2} + \left(\frac{d\rho}{d\tau}\right)^2$$

$$\left(\frac{d\xi}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)^2 = \left(\frac{d\rho}{d\tau}\right)^2 + \rho^2 \left(\frac{dv}{d\tau}\right)^2$$

und erhalten ohne Mühe

$$\rho \frac{d^2\rho}{d\tau^2} - \rho^2 \left(\frac{dv}{d\tau}\right)^2 + \frac{\mu_1}{\rho} + \mu_2\rho^2 = \xi\Xi + \eta\Upsilon;$$

oder, wenn die Relation (α) berücksichtigt wird, und man sich der Bezeichnung

$$W = \xi\Xi + \eta\Upsilon + \frac{2c_0}{\rho^3} \frac{d\chi}{dv_0} + \frac{c_0}{\rho^3} \left(\frac{d\chi}{dv_0}\right)^2$$

bedient,

$$(\gamma) \qquad \frac{d^2\rho}{d\tau^2} - \frac{c_0}{\rho^3} + \frac{\mu_1}{\rho^2} + \mu_2\rho = W$$

Wir integriren diese Gleichung, und bezeichnen dabei die Integrationsconstante durch $\frac{1}{2}h$, in der Weise, dass wir erhalten:

$$\left(\frac{d\rho}{d\tau}\right)^2 = -\frac{c_0}{\rho^2} + \frac{2\mu_1}{\rho} - \mu_2\rho^2 - h + 2\int W \frac{d\rho}{d\tau} d\tau,$$

eine Gleichung, in der wir zunächst die unabhängige Veränderliche τ gegen eine neue u vertauschen, welche mit der früheren durch die Gleichung

$$d\tau = \beta\rho du$$

verbunden sein soll. Ueber die Constante β werden wir später verfügen. Wir erhalten nun:

$$(\delta) \qquad \frac{1}{\beta^2} \left(\frac{d\rho}{du}\right)^2 = -c_0 + 2\mu_1\rho - h\rho^2 - \mu_2\rho^4 + 2\rho^2 \int W \frac{d\rho}{du} du;$$

und wenn diese Gleichung in Bezug auf u differentiirt wird, so entsteht die folgende:

$$(\varepsilon) \qquad \frac{1}{\beta^2} \frac{d^2\rho}{du^2} = \mu_1 - h\rho - 2\mu\rho^3 + 2\rho \int W \frac{d\rho}{du} du + \rho^2 W$$

Aus dieser Gleichung erhält man ρ als eine rationale Verbindung einfacher elliptischer Functionen, wenn man die Grösse W gleich Null setzt. Es ist jedoch vortheilhaft, nicht ρ

selbst, sondern eine andere Function, von der ρ in einfacher Weise abhängt, direct zu ermitteln.

5.

Wir setzen

$$\rho = \frac{p - qy}{1 + y}$$

und suchen die Differentialgleichung für y, wobei wir die Constanten p und q in solcher Weise bestimmen werden, dass y durch eine einfache elliptische Function, multiplicirt mit einem constanten Coefficienten, gegeben wird, wenn W verschwindet.

Die obige Relation giebt uns:

$$\frac{d\rho}{du} = -\frac{q + p}{(1 + y)^2}\frac{dy}{du}$$

$$\frac{d^2\rho}{du^2} = -\frac{q + p}{(1 + y)^2}\frac{d^2y}{du^2} + \frac{2(q + p)}{(1 + y)^3}\left(\frac{dy}{du}\right)^2;$$

und hiermit findet sich leicht

$$\frac{1}{\beta^2}\frac{(q + p)^2}{(1 + y)^2}\frac{d^2y}{du^2} = -\frac{1}{\beta^2}(q + p)\frac{d^2\rho}{du^2} + \frac{2}{\beta^2}\frac{q + p}{q + \rho}\left(\frac{d\rho}{du}\right)^2$$

In dieser Gleichung setzen wir die Werthe von $\frac{d^2\rho}{du^2}$ und $\left(\frac{d\rho}{du}\right)^2$ aus (ε) und (δ) ein, und beachten dabei die Relationen

$$\rho = (p - qy)\frac{q + \rho}{q + p}; \quad 1 + y = \frac{q + p}{q + \rho};$$

wir finden somit, nach einigen Reductionen,

$$\left(\frac{q + p}{\beta}\right)^2\frac{d^2y}{du^2} = -(2c_0 + \mu_1 q)(1 + y)^3 + (3\mu_1 + hq)(p - qy)(1 + y)^2$$
$$-h(p - qy)^2(1 + y) + 2\mu_2 q(p - qy)^3 + (W),$$

wo bezeichnet wurde:

$$(W) = -2q(p - qy)(1 + y)^2\int W\frac{d\rho}{du}du - (q + p)(p - qy)^2 W$$

Die vorhergehende Differentialgleichung bringen wir nun auf die Form

$$(\zeta) \qquad \left(\frac{q + p}{\beta}\right)^2\frac{d^2y}{du^2} = A_1 - A_2 y + A_3 y^2 - A_4 y^3 + (W),$$

indem wir bezeichnen:

$$A_1 = -2c_0 - \mu_1(q - 3p) + hp(q - p) + 2\mu_2 qp^3$$
$$A_2 = 6c_0 + 6\mu_1(q - p) + h(q^2 - 4pq + p^2) + 6\mu_2 p^2 q^2$$

$$A_3 = -6c_0 - 3\mu_1(3q-p) - 3hq(q-p) + 6\mu_2 pq^3$$
$$A_4 = 2c_0 + 4\mu_1 q + 2hq^2 + 2\mu_2 q^4;$$

und ausserdem werden wir uns noch der Bezeichnung

$$A_0 = -2c_0 + 4\mu_1 p - 2hp^2 - 4\mu_2 p^4 \quad ,$$

bedienen.

Die bis jetzt unbestimmten Grössen p und q können in solcher Weise gewählt werden, dass die Coefficienten A_1 und A_3 verschwinden: zu diesem Zwecke muss den folgenden Bedingungsgleichungen genügt werden:

$$(\gamma_1) \qquad \begin{cases} 0 = -2c_0 - \mu_1(q-3p) + hp(q-p) + 2\mu_2 qp^3 \\ 0 = -2c_0 - \mu_1(3q-p) - hq(q-p) + 2\mu_2 pq^3 \end{cases}$$

Die Differenz derselben giebt uns:

$$0 = 2\mu_1(q+p) + h(q-p)(q+p) - 2\mu_2 pq(q-p)(q+p)$$

oder

$$0 = 2\mu_1 + h(q-p) - 2\mu_2 pq(q-p)$$

Zieht man diese Gleichung, nachdem sie mit p multiplicirt worden ist, von der Gleichung

$$A_1 = 0$$

ab, so entsteht die folgende

$$0 = -2c_0 - \mu_1(p-q) + 2\mu_2 p^2 q^2$$

In diese Gleichung setze ich

$$q = \frac{x}{4\mu_2 p},$$

wonach sie in die folgende übergeht:

$$x^2 - 2\frac{\mu_1}{p}x - 8\mu_2(2c_0 - \mu_1 p) = 0,$$

deren positive Wurzel sich, wie folgt, ergiebt

$$x = \frac{\mu_1}{p} + \sqrt{\left(\frac{\mu_1}{p}\right)^2 + 8\mu_2(2c_0 - \mu_1 p)}$$

Unter Voraussetzung, dass μ_2 einen hinreichend kleinen Werth hat, entwickeln wir die Wurzelgrösse, und erhalten:

$$x = \frac{2\mu_1}{p} + \frac{4\mu_2 p}{\mu_1}(2c_0 - \mu_1 p) - \frac{8\mu_2^2 p^3}{\mu_1^3}(2c_0 - \mu_1 p)^2 + \ldots ,$$

so dass, wenn wir setzen

$$x = \frac{2\mu_1}{p}(1 + \delta),$$

man für δ, die offenbar eine kleine Grösse bezeichnet, den folgenden Werth erhält:

$$\delta = 2\mu_2[(2c_0 - \mu_1 p)\left(\frac{p}{\mu_1}\right)^2 - 2\mu_2(2c_0 - \mu_1 p)^2\left(\frac{p}{\mu_1}\right)^4 + \ldots].$$

Hiernach finden wir:

$$q = \frac{\mu_1(1+\delta)}{2\mu_2 p^2}$$

oder

$$\frac{1}{q} = \frac{2\mu_2 p^2}{\mu_1(1+\delta)}$$

Wenn nun die erste der Gleichungen (η) durch q dividirt wird, so entsteht das folgende Resultat:

$$\mu_1 - hp - 2\mu_2 p^3 = -\frac{2c_0 - 3\mu_1 p + hp^2}{q};$$

und hieraus erhält man, wenn der so eben gefundene Werth von $\frac{1}{q}$ eingesetzt wird,

$$\mu_1 - hp - 2\mu_2 p^2 = -\frac{2\mu_2 p^2}{\mu_1(1+\delta)}(2c_0 - 3\mu_1 p + hp^2)$$

Einen genäherten Werth von p erhält man hieraus sogleich, indem alle mit μ_2 multiplicirten Glieder bei Seite gelassen werden; es findet sich alsdann:

$$p = \frac{\mu_1}{h}$$

Wie die folgenden Annäherungen auszuführen sind, liegt nun zwar sehr nahe; man kann sich aber dabei einer Umformung bedienen, die ich hier erwähnen will, und wonach man sogleich einen genaueren Werth erlangt.

Der grösste Werth von ρ sei durch r_2 und der kleinste durch r_1 bezeichnet; ferner sei:

$$r_2 + r_1 = 2a$$
$$r_2 - r_1 = 2ae;$$

die Integrationsconstanten c_0 und h können nun in folgender Weise durch a und e ausgedrückt werden:

$$c_0 = \mu_1 a(1 - e^2) + \mu_2 a^4(1 - e^2)^2$$

$$h = \frac{\mu_1}{a} - 2\mu_2 a^2(1 + e^2)$$

Mit Hinweglassung aller von μ_2 abhängigen Glieder erhält man also

$$2c_0 - 3\mu_1 p + hp^2 = -2\mu_1 ae^2:$$

folglich wird, indem Glieder zweiter und höherer Ordnung vernachlässigt werden,

$$\mu_1 - hp - 4\mu_2 ae^2 p^2 - 2\mu_2 p^3 = 0$$

oder

$$a - p + 2\frac{\mu_2}{\mu_1} a^3 \left[a(1+e^2)p - 2e^2p^2 - \frac{1}{a}p^3 \right] = 0$$

aus welcher Gleichung der Werth

$$p = a - 4\frac{\mu_2}{\mu_1} a^4 e^2$$

sogleich hervorgeht.

6.

Nachdem p und q, wie oben gezeigt wurde, durch successive Annäherungen bestimmt worden sind, könnte y unmittelbar als elliptische Function, multiplicirt mit einer Constante, angegeben werden, natürlich unter der Voraussetzung, dass die mit (w) bezeichnete Function in der Gl. (ζ) verschwindet. Da jedoch der Factor, welcher in y auftritt, sehr klein wird, während andrerseits q einen sehr grossen Werth hat, so ist es vortheilhaft, nicht y selbst, sondern das Product qy, welches ich nun durch gz bezeichnen werde, zu bestimmen, wobei ich durch g eine noch unbestimmte Constante bezeichnet habe.

Aus der Gl. (ζ) erhält man nun, da A_1 und A_3 verschwinden,

$$\frac{d^2z}{du^2} = -\frac{\beta^2}{(q+p)^2}\left[A_2 z + \frac{g^2 A_4}{q^2} z^3 \right] - \frac{\beta^2 q}{g(q+p)^2}(w);$$

und wenn man die Constanten β und g so bestimmt, dass sie der Gleichung

$$\frac{\beta^2}{(q+p)^2}\left\{ A_2 + \frac{g^2 A_4}{q^2} \right\} = 1$$

genügen, so erhält man, nachdem

$$\frac{\beta^2 g^2 A_4}{q^2(q+p)^2} = 2k^2$$

gesetzt worden ist,

$$(\vartheta) \qquad \frac{d^2z}{du^2} = -(1-2k^2)z - 2k^2z^3 - \frac{\beta^2 q}{g(q+p)^2}(w)$$

Wir haben bis jetzt nur eine einzige Bedingungsgleichung zwischen den Constanten β und g angegeben, es muss also noch eine zweite gesucht werden. Zu diesem Zwecke integriren wir die vorstehende Gleichung, und erhalten dann ein Resultat der Form:

$$\left(\frac{dz}{du}\right)^2 = k'^2 - (1 - 2k^2)z^2 - k^2z^4 - \frac{2\beta^2 q}{g(q+p)^2}\int (w)\frac{dz}{du}\,du,$$

wobei k'^2 die Integrationsconstante bezeichnet.

Die zweite Bedingungsgleichung stellen wir nun wie folgt:

$$k'^2 + k^2 = 1,$$

und es kommt uns nur noch darauf an, einen unabhängigen Ausdruck für k'^2 zu finden. Einen solchen erhalten wir jedoch aus der Gl. (δ): indem man in dieselbe zunächst y statt ϱ einführt, erhält man

$$\left(\frac{dy}{du}\right)^2 = \frac{\beta^2}{(q+p)^2}\left\{\tfrac{1}{2}A_0 - 2A_1 y + \ldots\right\};$$

und wenn hierauf z statt y eingeführt wird, und das Resultat mit dem vorhergehenden Ausdrucke von $\left(\frac{dz}{du}\right)^2$ verglichen wird, findet sich

$$k'^2 = \tfrac{1}{2}\frac{\beta^2 q^2 A_0}{g^2(q+p)^2}$$

Hiermit erhält man die zweite Bedingungsgleichung unter der folgenden Form:

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\beta^2 q^2 A_0}{g^2(q+p)^2} + \frac{\beta^2 g^2 A_4}{q^2(q+p)^2}\right) = 1;$$

und aus der Combination beider Bedingungsgleichungen erhält man

$$\frac{g^2 A_4}{2q^2} + \frac{q^2 A_0}{2g^2} = A_2 + \frac{g^2 A_4}{q^2},$$

woraus schliesslich folgt:

$$\frac{1}{2}\frac{A_4}{q^2}g^4 + A_2 g^2 - \frac{1}{2}q^2 A_0 = 0,$$

eine Gleichung, die zwei reelle Wurzeln hat, eine positive und eine negative. Damit g reell ausfalle, muss die positive Wurzel gewählt werden. Vernachlässigt man alle mit μ_2 multiplicirten Grössen, so wird

$$\frac{1}{2}q^2\frac{A_0}{A_2} = a^2e^2,$$

und weil das erste Glied der obigen Gleichung μ_2 als Factor enthält, so findet man, wenn alle von dieser Grösse abhängigen Glieder weggelassen werden,

$$g = ae$$

Der strenge Werth von g findet sich aus der obigen Gleichung entweder direct, oder, was hier vorzuziehen sein dürfte, durch Annäherungen, indem man dieselben nach der Formel

$$g^2 = \tfrac{1}{2} q^3 \frac{A_0}{A_2} - \frac{1}{2} \frac{A_4}{q^2 A_2} g^4$$

berechnet.

In der Gleichung (ϛ) setzen wir nun

$$z = z_0 + Z$$

und bestimmen z_0 aus der Gleichung

$$(\iota) \qquad \frac{d^2 z_0}{du^2} = -(1 - 2k^2) z_0 - 2k^2 z_0^3,$$

wonach Z durch Integration der Gleichung

$$(\varkappa) \qquad \frac{d^2 Z}{du^2} + [(1 - 2k^2) + 2.3k^2 z_0^2] Z = -2.3k^2 z_0 Z^2 - 2k^2 Z^3 - \frac{\beta^2 q}{g(q+p)^2}(w)$$

gefunden wird.

Die erste dieser Gleichungen giebt uns, wenn man die Integrationsconstante als mit u einverleibt denkt,

$$Z_0 = \operatorname{cn} u, \text{ mod. } k_1$$

wonach die zweite die nachstehende Form annimmt

$$(\lambda) \qquad \frac{d^2 Z}{du^2} + [(1 - 2k^2) + 2.3k^2 \operatorname{cn} u^2] Z = -2.3k^2 \operatorname{cn} u Z^2 - 2k^2 Z^3 - \frac{\beta^2 q}{g(q+p)^2}(w)$$

Das Quadrat des Modulus k enthält als Factor die kleine Grösse μ_2, es muss mithin selbst als eine kleine Grösse erster Ordnung betrachtet werden: ebenso setzen wir von der Function Z voraus, dass sie als eine Grösse erster Ordnung anzusehen ist. Lässt man nun Grössen dritter und vierter Ordnung zunächst bei Seite, so nimmt die obige Gleichung die Form einer Lamé'schen Differentialgleichung, und es findet sich, wenn C_1 und C_2 zwei Integrationsconstanten bezeichnen, dass allgemeine Integral der Gleichung

$$\frac{d^2 Z}{du^2} + [(1 - 2k^2) + 2.3k^2 \operatorname{cn} u^2] Z = 0$$

wie folgt:

$$Z = C_1 \operatorname{sn} u \operatorname{dn} u + C_2 \left\{ -\operatorname{cn} u - \frac{k'^2 - k^2}{k'^2} \frac{\Theta_1'(u)}{\Theta_1(u)} \operatorname{sn} u \operatorname{dn} u + \frac{k'^2 K - (k'^2 - k^2) E}{k'^2 K} u \operatorname{sn} u \operatorname{dn} u \right\}$$

Mit Hülfe dieses Resultates erhält man in bekannter Weise das allgemeine Integral der allgemeinen Gleichung.

7.

Die im Vorhergehenden angeführten Ausdrücke gelten unmittelbar für den Fall, dass k^2 einen positiven Werth hat; erhält aber μ_2 einen negativen Werth, so wird A_4, mithin auch k^2 negativ: wir haben alsdann:

$$k'^2 - k^2 = 1,$$

und statt der Gl. (ι) wird jetzt

$$\frac{d^2 z_0}{du^2} = -(k'^2 + k^2)\, z_0 + 2k^2 z_0^3$$

Statt u schreiben wir jetzt $\varkappa' w$, und $\frac{\varkappa}{\varkappa'}$ statt k, also $\frac{1}{\varkappa'}$ statt k', wobei $\varkappa$ und $\varkappa'$ der Bedingungsgleichung

$$\varkappa^2 + \varkappa'^2 = 1$$

unterliegen. Die obige Differentialgleichung wird hiernach

$$\frac{d^2 z_0}{dw^2} = -(1 + \varkappa^2) z_0 + 2\varkappa^2 z_0^3,$$

woraus folgt

$$z_0 = \operatorname{sn}(K - w), \text{ mod. } \varkappa$$

indem wir jetzt die Integrationsconstante mit K bezeichnen. Die Gleichung (ϰ) nimmt dabei die Form

$$\frac{d^2 Z}{du^2} + [1 + \varkappa^2 - 2.3\varkappa^2 \operatorname{sn}(K-w)^2]\, Z = 2.3\varkappa^2 \operatorname{sn}(K-w)^2 Z^2 + 2\varkappa^2 Z^3 - \frac{\beta^2 q \varkappa'^2}{g(q+p)^2}(w)$$

an. Wenn man nun zunächst voraussetzt, dass die rechte Seite gleich Null ist, und mit C_1 und C_2 die zwei willkürlichen Constanten bezeichnet, so ergiebt sich das Integral, wie folgt,

$$Z = C_2 \operatorname{cn}(K-w) \operatorname{dn}(K-w) + C_2 \Big\{ \frac{\operatorname{sn}(K-w)}{\varkappa'^2} - \frac{1+\varkappa^2}{\varkappa'^4} \frac{\Theta_1'(K-w)}{\Theta_1(K-w)} \operatorname{cn}(K-w) \operatorname{dn}(K-w)$$
$$+ \frac{(1-\varkappa^2)K - (1+\varkappa^2)E}{\varkappa'^4 K} (K-w) \operatorname{cn}(K-w) \operatorname{dn}(K-w) \Big\},$$

womit das allgemeine Integral der vollständigen Gleichung leicht zu erlangen ist.

Die Formeln, welche besonders für positive und besonders für negative Werthe von μ_2 gelten, fallen offenbar zusammen, wenn $k^2 = 0$; man erhält alsdann:

$$z_0 = \cos u$$
$$\frac{d^2 Z}{du^2} + Z = \frac{\beta^2}{g} \Big[2\varrho \int W \frac{d\varrho}{du}\, du + \varrho^2 W \Big]$$

in Uebereinstimmung mit dem, was aus der Gl. (ε) direct folgt.

8.

Die Entwicklung der reducirten Zeit nach dem Argumente $\frac{\pi}{2k}u$ erhält man sehr leicht vermittelst der Gleichung

$$d\tau = \beta\varrho\, du,$$

nachdem man in dieselbe eingesetzt hat:

$$\varrho = \frac{p - g\,\mathrm{cn}\,u}{1 + \frac{g}{q}\,\mathrm{cn}\,u}$$

Weil nämlich $\frac{g}{q}$ ebenso wie k sehr kleine Grössen sind, so wird die in Rede stehende Entwicklung äusserst convergent und findet sich, wenn man die bekannten Entwicklungen der Potenzen von $\mathrm{cn}\,u$ in die Glieder der Reihe

$$\varrho = p - g\left(1 + \frac{p}{q}\right)\mathrm{cn}\,u + \frac{g^2}{q}\left(1 + \frac{p}{q}\right)\mathrm{cn}\,u^2 - \ldots$$

substituirt.

Die Entwicklung von

$$dv_0 = \frac{\beta\sqrt{c_0}}{\varrho}\,du$$

ist dagegen etwas schwieriger herzustellen, weil der Bruch $\frac{g}{p}$ keineswegs immer sehr klein ist. Man wird das Ziel am einfachsten erreichen, wenn das Differential $\frac{dv_0}{du}$ durch Differentiale von elliptischen Integralen dritter Gattung ausgedrückt wird.

Sehr leicht erhält man

$$\frac{dv_0}{du} = \frac{\beta\sqrt{c_0}}{p}\,\frac{\left(1 + \frac{g}{p}\,\mathrm{cn}\,u\right)\left(1 + \frac{g}{q}\,\mathrm{cn}\,u\right)}{1 - \frac{g^2}{p^2}\,\mathrm{cn}\,u^2};$$

und setzen wir:

$$\frac{\frac{g^2}{p^2}}{1 - \frac{g^2}{p^2}} = \frac{g^2}{p^2 - g^2} = -\,k^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2,$$

so wird:

$$\frac{dv_0}{du} = \frac{p\beta\sqrt{c_0}\left(1 + \frac{p}{q}\right)}{p^2 - g^2}\,\frac{1}{1 - k^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2\mathrm{sn}\,u^2} - \frac{\beta\sqrt{c_0}}{q} + \frac{gp\beta\sqrt{c_0}}{p^2 - g^2}\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right)\frac{\mathrm{cn}\,u}{1 - k^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2\mathrm{sn}\,u^2}$$

und dieser Ausdruck lässt sich leicht auf die Form

$$\frac{dv_0}{du} = M_0 + iM_1\,\frac{k^2\mathrm{sn}\,i\sigma\,\mathrm{cn}\,i\sigma\,\mathrm{dn}\,i\sigma\,\mathrm{sn}\,u^2}{1 - k^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2} + M_2\,\frac{\varkappa\,\mathrm{cn}\,i\sigma\,\mathrm{cn}\,u}{1 - k^2\mathrm{sn}\,i\sigma^2\mathrm{sn}\,u^2}$$

zurückführen.

Die Ausdrücke der Coefficienten M_0, M_1 und M_2 werde ich hier nicht weiter aufsuchen; die zunächst liegenden finden sich sogleich; um sie aber als elliptische Functionen darzustellen, wie es in der Abhandlung: über die Bahn eines materiellen Punktes etc. geschehen ist, müsste man noch eine Reihe algebraischer Transformationen ausführen, welche die Gränzen dieser Abhandlung überschreiten würden. Für die numerische Rechnung wird es am vortheilhaftesten sein, den Coefficienten M_0 durch eine unendliche Reihe auszudrücken, welche nach den Potenzen der Grösse μ_2 fortschreitet, und hierzu bieten die im Vorhergehenden mitgetheilten Relationen den nöthigen Ausgangspunkt dar. Aus der Abhandlung «über die Bahn etc.», ist übrigens zu entnehmen, dass

$$M_1 = -1; \qquad M_2 = 1$$

Bei der Integration des obigen Ausdruckes hat man sich der Formeln

$$\int \frac{k^2 \mathrm{sn}\, i\sigma\, \mathrm{cn}\, i\sigma\, \mathrm{dn}\, i\sigma\, su\, u^2 du}{1 - k^2 su\, i\sigma^2 su\, u^2} = u \frac{\Theta'(i\sigma)}{\Theta(i\sigma)} + \tfrac{1}{2} \log \frac{\Theta(u - i\sigma)}{\Theta(u + i\sigma)}$$

$$\int \frac{k\, \mathrm{cn}\, i\sigma\, \mathrm{cn}\, u\, du}{1 - k^2 \mathrm{sn}\, i\sigma^2 \mathrm{sn}\, u^2} = \mathrm{arc\,tang}\left(k\, \mathrm{cn}\, i\sigma \frac{\mathrm{sn}\, u}{\mathrm{dn}\, u}\right)$$

$$= \mathrm{arc\,sin}\left(\frac{k\, \mathrm{cn}\, i\sigma\, \mathrm{sn}\, u}{\sqrt{1 - k^2 \mathrm{sn}\, i\sigma^2 \mathrm{sn}\, u^2}}\right)$$

$$= \mathrm{arc\,cos}\left(\frac{\mathrm{dn}\, u}{\sqrt{1 - k^2 \mathrm{sn}\, i\sigma^2 \mathrm{sn}\, u^2}}\right)$$

zu erinnern, wodurch der Ausdruck für v_0 in geschlossener Form hergestellt wird.

Schliesslich soll noch hervorgehoben werden, dass der Ausdruck für v_0 in den meisten Fällen vortheilhaft durch die Entwicklung

$$\frac{dv_0}{du} = \frac{B_0}{1 - e \cos u} + \frac{B_1 G_1}{(1 - e \cos u)^2} + \ldots$$

gewonnen wird, wo die B constante Coefficienten, die G aber sehr rasch, nach dem Argumente u convergirende Reihen bezeichnen.

Ouvrages astronomiques et géodésiques publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des sciences:

T. I, № 1. **Struve, O.** Nouvelle détermination de la parallaxe annuelle des étoiles α Lyrae et 61 Cygni. 1859. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 6. **Schubert, T. F.** Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Avec 1 pl. 1859. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. II, № 1. **Struve, O.** u. **Winnecke, Dr. A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. Erste Abtheilung: Beobachtungen am Refractor, angestellt von O. Struve, Mitgliede der Akademie. Zweite Abtheilung: Beobachtungen am Heliometer nebst Untersuchungen über die Natur des Cometen von Dr. A. Winnecke, Adjunct-Astronomen der Hauptsternwarte. Mit 6 Taf. 1859. Pr. 1 R. 50 K. = 5 Mk.

№ 4. **Struve, O.** Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Keppler zu Wallenstein. 1860. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. III, № 5. **Baeyer, J. J.** Ueber die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Avec 1 pl. lith. 1860. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. IV, № 1. **Struve, O.** Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. (6.) Juli 1860 in Pobes. Nach den Berichten der einzelnen Theilnehmer zusammengestellt. Mit 3 Taf. 1861. Pr. 85 K. = 1 Mk. 80 Pf.

T. V, № 4. **Struve, O.** Observations de la grande nébuleuse d'Orion, faites à Cazan et à Poulkova. I^e^ Partie: Mémoire de M. Liapounov sur les observations de Cazan. II^e^ Partie: O. Struve, Additions au mémoire de M. Liapounov et Observations de Poulkova. Avec 4 pl. lith. 1862. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. VI, № 7. **Winnecke, A.** Beobachtungen des Mars um die Zeit der Opposition 1862. 1863. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 11. **Sawitsch, A.** Opposition des Mars im Jahre 1862, beobachtet auf der kleinen akademischen Sternwarte zu St. Petersburg. 1863. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T VII, № 7. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einigen Bemerkungen. Mit 6 lith. Taf. 1864. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. VIII, № 2. **Linsser, C.** Vier von De l'Isle beobachtete Plejaden-Bedeckungen, bearbeitet und mit Hansen's Mond-Tafeln verglichen. 1864. Pr. 25 K. = 80 Pf.

T. X, № 1. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Erste Abhandlung. 1866. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XII, № 4. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechung in derselben. Zweite Abhandlung. 1868. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

5. **Struve, O.** Beobachtungen des grossen Cometen von 1861. Mit 1 lith. Taf. 1868. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

T. XVI, № 10. **Gyldén, H.** Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie. I. Entwickelung einiger Verbindungen elliptischer Functionen. 1871. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

T. XVII, № 1. **Kortazzi, J.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen Pulkowa, Helsingfors, Åbo, Lovissa und Wiborg. 1871. Pr. 60 K. = 2 Mk.

№ 10. **Fuss, V.** u. **Nyrén, M.** Bestimmung der Längen-Differenz zwischen den Sternwarten Stockholm und Helsingfors ausgeführt im Sommer 1870. 1871. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T.XVIII, № 3. **Fuss, V.** Beobachtungen und Untersuchungen über die astronomische Strahlenbrechung in der Nähe des Horizontes. 1872. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

№ 5. **Asten, E. v.** Resultate aus Otto von Struve's Beobachtungen der Uranustrabanten 1872. Pr. 25 K. = 80 Pf.

№ 10. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. I. Berechnung

eines wichtigen Theiles der absoluten Jupitersstörungen des Encke'schen Cometen. 1872. Pr. 65 K. = 2 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 2. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. 1872. Pr. 55 K. = 1 Mk. 80 Pf.

№ 10. **Nyrén, M.** Die Polhöhe von Pulkowa. 1873. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXIII, № 3. **Nyrén, M.** Das Aequinoctium für 1865,0, abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Verticalkreise in den Jahren 1861 – 1870 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. 1876. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. XXVI, № 2. **Asten, E. v.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. II. Resultate aus den Erscheinungen 1819—1875. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

№ 4. **Hasselberg, Dr. B.** Studien auf dem Gebiete der Absorbtionsspectralanalyse. Avec 4 pl. 1878. Pr. 1 R. = 3 Mk. 30 Pf.

T. XXVII, № 11. **Struve, O.** Études sur le mouvement relatif des deux étoiles du système de 61 Cygni. 1880. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XXVIII, № 6. **Backlund, O.** Zur Theorie des Encke'schen Cometen. 1881. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. XXX, № 4. **Lindemann, Ed.** Zur Beurtheilung der Veränderlichkeit rother Sterne. 1882. Pf. 15 K. = 50 Pf.

№ 8. **Struve, Hermann.** Ueber den Einfluss der Diffraction an Fernröhren auf Lichtscheiben. 1882. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. XXXI, № 2. **Struve, Ludwig.** Resultate aus den in Pulkowa angestellten Vergleichungen von Procyon mit benachbarten Sternen. 1883. Pr. 45 K. = 1 Mk. 50 Pf.

№ 4. **Lindstedt, And.** Beitrag zur Integration der Differentialgleichungen der Störungstheorie. 1883. Pr. 20 K. = 70 Pf.

№ 9. **Nyrén, M.** L'aberration des étoiles fixes. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.

№ 15. **Wittram, Theod.** Allgemeine Jupiterstörungen des Encke'schen Cometen für den Bahntheil zwischen 152°21′7″,62 und 170° wahrer Anomalie. 1883. Pr. 40 K. = 1 M. 30 Pf.

T. XXXII, № 3. **Backlund, O.** Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881. 1884. Pr. 45 K. = 1 M. 50 Pf.

№ 4. **Backlund, O.** Zur Entwickelung der Störungsfunction. 1884. Pr. 30. K = 1 Mk.

№ 6. **Lindemann, Ed.** Helligkeitsmessungen der Bessel'schen Plejadensterne. 1884. Pr. 25 K. = 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Septembre, 1884. C. Vesséłofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 12.

DES DIVERS TYPES MUSCULAIRES
ET
DE LA FAÇON DIFFÉRENTE
DONT
S'EXPRIME LA FORCE ACTIVE DES MUSCLES.

(MATÉRIAUX D'UNE ANATOMIE GÉNÉRALE DU SYSTÈME MUSCULAIRE.)

PAR LE
Dr. P. Lesshaft.
Professeur d'Anatomie.

(*Présenté le 8 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mrk. 30 Pf..

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 12.

DES DIVERS TYPES MUSCULAIRES

ET

DE LA FAÇON DIFFÉRENTE

DONT

S'EXPRIME LA FORCE ACTIVE DES MUSCLES.

(MATÉRIAUX D'UNE ANATOMIE GÉNÉRALE DU SYSTÈME MUSCULAIRE.)

PAR LE

Dr. P. Lesshaft.
Professeur d'Anatomie.

(*Présenté le 8 mai 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mark. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Octobre, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Chapitre I.

Charactères principaux des types musculaires et leur signification.

La force absolue d'un muscle est déterminée, comme on sait, par la section transverse de ses faisceaux, en d'autres termes par sa section transverse physiologique. Etant donné le volume d'un muscle, nous pouvons évaluer la force absolue de ce muscle, ou ce qui revient au même sa section transverse physiologique, en divisant son volume par la longueur de ses faisceaux. Dans le présent mémoire nous nous proposons de montrer que les muscles du corps humain appartiennent à deux types bien distincts et que la force active d'un muscle s'exprime d'une façon différente selon le type, auquel il appartient.

Voici quels sont les caractères principaux des muscles qui appartiennent à chacun de ses types: les muscles du premier type s'insèrent sur des surfaces étendues (point d'appui et point d'application des forces); ils s'écartent, en proportion, du point d'appui du levier qu'ils font mouvoir. Leur section physiologique est relativement réduite; ils peuvent exprimer une force très intense, sans que leur tension ait besoin d'être énergique. Voilà pourquoi, ils se fatiguent moins rapidement que les muscles appartenant au 2-d type. Ils agissent le plus souvent par l'ensemble de leurs faisceaux et donnent lieu à des mouvements relativement peu rapides; ils laissent à désirer comme précision et sont formés en général, de fibres courtes. Les muscles du 2-d type, au contraire, s'insèrent sur des surfaces peu étendues (point d'appui et point d'application des forces); ils appliquent leur force dans le voisinage du point d'appui du levier qu'ils font mouvoir. Leur section transverse est relativement considérable; ils agissent avec une tension extrême et se fatiguent plus rapidement que les autres. Ils ont cela de particulier, que leurs divers faisceaux peuvent s'adopter isolément aux obstacles, qu'ils doivent vaincre et que les mouvements qu'ils produisent sont relativement précis et rapides.

Si nous prenons les muscles de l'épaule, qui agissent sur le long bras du levier, nous constatons ce qui suit: examinons le deltoïde, par exemple; il est facile de voir qu'il est formé par un assemblement de cônes à sommets dirigés successivement en bas et en haut. Nous

y trouvons 9 à 11 faisceaux. Chez l'enfant, il n'en existe que 6 à 8 et en règle générale, le nombre comme le volume des faisceaux deltoïde est en rapport avec le développement musculaire du membre supérieur. Nous avons donc dans le deltoïde un assemblage de cônes musculaires à base dirigée tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; cette disposition fait que la section transverse du dit muscle est très considérable, bien que les surfaces sur lesquelles il s'insert, soient relativement réduites. En un mot, le deltoïde est un muscle qui présente avec un volume minimum, une section transverse physiologique maximum.

Quant aux origines du deltoïde, nous savons que ce muscle part du tiers externe de la clavicule, du bord externe de l'acromion et de l'épine de l'omoplate, le tout formant une surface qui mesure 14,56 c. carrés; le point d'application de sa force se trouve sur une surface rugueuse mesurant 10,51 c. carrés et située vers le milieu de la face externe de l'humérus. En un mot, nous avons là un muscle à section transverse physiologique très considérable (21 c. carrés) et à grande force absolue, par conséquent, mais qui prend son point d'appui et qui applique la résultante de ses forces sur des surfaces relativement réduites.

Nous trouvons tout autre chose dans la portion correspondante du membre inférieur, où les muscles sont appelés à déployer une force plus grande, parce qu'ils agissent sur le tronc, au besoin. Si nous examinons les faisceaux du grand fessier par exemple, nous verrons qu'ils sont, en générale, parallèles; ici, nous ne trouvons plus de cônes disposés comme ceux du deltoïde; si nous cherchons à déterminer la section physiologique de ce muscle, nous trouvons qu'elle est de 25,80 c. carrés. Si nous prenons en considération le poids des os du membre supérieur qui est de 770,6 gr. (587,8 sans l'omoplate et la clavicule) et celle du membre inférieur qui est de 2453,6 gr. (1792,6 sans l'os iliaque correspondant et le sacrum divisé en deux), il est facile de voir que la section physiologique relative[1]) du deltoïde se rapporte à la section physiologique relative du grand fessier comme 3,5 à 1,4, c'est à dire qu'elle est plus que double.

Comment expliquer ce fait? Si nous examinons attentivement les muscles de l'épaule nous verrons que la surface sur laquelle ils prennent leur point d'appui et celle sur laquelle leur force s'applique sont relativement réduites; nous verrons de plus que cette dernière est située dans le voisinage du point d'appui du levier. Si nous comparons avec ces muscles le grand fessier par exemple, nous verrons qu'il présente avec eux des différences très tranchées, sous le rapport de ce que nous venons de voir. S'il prend son point d'appui en bas, comme dans la station debout, il le fait sur une surface plus étendue, que toutes celles qui servent de point d'appui aux autres muscles, non seulement du membre supérieur, mais aussi du membre inférieur (342,79 c. c.). Le point d'appui du grand fessier correspond en pareil cas, par sa partie profonde au quart et même au tiers supérieur de la ligne âpre du fémur au dessous de la base du grand trochanter et par sa partie superficielle à la portion supérieure et externe du fascia lata. Quant au fascia lata lui-même, il descend

1) On donne le nom de section physiologique relative à la quantité de c-tres carrés nécessaires pour soulever 100 gr. d'os de membre supérieur sur lequel le membre agit.

jusqu'à la partie supérieure de la jambe; sur la cuisse il s'insère sur l'os en formant le ligament intermusculaire externe et envoit en avant et en arrière des prolongements qui forment autour de la cuisse, comme une gaine cylindrique. Toutes ces parties servent au muscle de point d'appui et leur portion externe peut-être tendue énergiquement par le tenseur du fascia lata et servir ainsi, au grand fessier d'un appui plus solide. Les faisceaux de ce dernier muscle, paralléles en général, se dirigent en haut et en dedans. L'application de leur force a lieu sur l'os iliaque entre la ligne courbe postérieure et le bord postérieur de cet os, sur le tissu fibreux situé plus en arrière, sur le bord latéral du sacrum jusqu'à la base du coccyx, enfin sur la face externe du ligament sacrosciatique, le tout formant une surface qui mesure 47,77 c. carrés.

Si nous continuons notre examen des muscles des membres inférieurs, nous leur trouverons les caractères distinctifs suivants: étendue très considérable de la surface qui sert de point d'appui au muscle, ainsi que de celle sur laquelle il applique sa force; section transverse physiologique relativement réduite. Le m. triceps fémoral (quadriceps des auteurs allemands) par exemple, part de toute la surface antérieur du fémur et des ligaments intermusculaire interne et externe (274,61 c. carrés); l'application de sa force a lieu sur une surface qui mesure 96,86 c. carrés et sa section physiologique n'est que de 81,7 c. carrés.

En analysant d'une façon plus intime, l'action des muscles des extrémités nous tombons sur des particularités, qui jusqu'ici ont été perdues de vue, faute de quoi on n'a pas su comprendre ni l'action de certains muscles, ni l'influence qu'ils exercent les uns sur les autres. Quel est le rapport par exemple, des gastrocnémiens et du soléaire? Pourquoi leurs tendons se confondent-ils et dans quel cas peuvent-ils exprimer le maximum de leur force? Les gastrocnémiens prennent leur origine comme on sait, au dessus des condyles du fémur, tandisque le soléaire s'insère en haut sur la tête du péroné, sur la portion supérieure du bord postérieur de cet os, sur la ligne oblique du tibia, sur la voûte fibreuse qui va du tibia au péroné et sur la portion supérieure du bord interne du tibia. Le jumeau interne et le jumeau externe sont séparés l'un de l'autre dans toute leur étendue par une portion aponévrotique dont les fibres viennent se confondre en bas avec le tendon commun, de même que les faisceaux musculaires eux-mêmes. Les fibres du soléaire se rendent dans le même tendon qui s'insère sur la face inférieure postérieure de tubercule du calcanéum. Lorsque les gastrocnémiens et le soléaire se contractent simultanément, le tendon d'Achille se tend en vertu de leur action et ces muscles agissent alors sur le levier du pied.

Afin de rendre claire l'importance de l'étendue du point d'appui, nous devons rappeler certaines lois de la dynamique. 1) Etant admis le principe de l'inertie de la matière: «un point matériel [1]) ne peut passer de lui même de l'état de repos à l'état de mouvement. Une fois en mouvement il ne peut modifier de lui même son état de mouvement; en sorte que si aucune cause extérieure n'agit sur lui, sa vitesse sera constamment la même en grandeur et

1) M. Ch. Delaunay. Traité de mécanique rationelle. Sixième édition. Paris 1878 p. 105.

en direction, c'est à dire que sont mouvement sera rectiligne et uniforme». Ce principe est applicable au corps de l'animal et nous pouvons dire que «le centre [1]) de gravité d'un corps qui était dans le repos ne peut être mis en mouvement par les forces intérieures de ce corps, à elles toutes seules. Il semble à première vue que cette affirmation est en désaccord avec les phénomènes les plus constants: ainsi il parait avéré que nous pouvons mettre en mouvement notre corps et son centre de gravité par consequent, en contractant nos muscles, c'est à dire en ne dévelloppant que des forces intérieures. La contradiction ici n'est qu'apparente: elle tient à ce que nous oublions qu'en pareil cas, le sol qui nous sert de point d'appui exerce une action sur notre corps; c'est ce point d'appui qui est la force extérieure, qui met notre centre de gravité en mouvement. Lorsque nous avançons dans un plan horizontal, les muscles de la plante du pied exercent sur le sol une pression dirigée de haut en bas et d'avant en arrière. En vertu de la loi de la réaction, le sol exerce sur le pied une pression analogue, mais dirigée en sens inverse; cette pression peut-être décomposée en deux forces, dont l'une sera verticale et égale au poids de notre corps (dans certains cas elle pourra être plus grande ou plus petite) et l'autre horizontale; c'est cette dernière qui fera mouvoir notre corps dans un plan horizontal».

Il est donc important de ne pas oublier que les muscles ne sauraient agir sans un point d'appui extérieur et que ce ne sont pas des forces intérieures, pouvant agir toutes seules. Lorsque le corps étant dans une position verticale, nous voulons faire mouvoir les doigts de la main, il importe que le poignet prenne son point d'appui sur l'avant-bras, celui-ci sur le bras et ce dernier sur la colonne vertébrale par l'intermédiaire de l'épaule. La colonne vertébrale à son tour prend son point d'appui sur les extremités inférieures, par l'intermèdiaire du bassin et les extremités inférieures enfin, viennent s'appuyer sur le sol. Si nous appuyons le poignet ou la main sur un corps résistant quelconque, nous pouvons aussi faire mouvoir les doigts, mais c'est encore là un point d'appui extérieur, sans lequel tout mouvement est impossible. Il importe de ne pas oublier cette circonstance, lorsqu'on veut analyser l'action d'un muscle, autrement on risque de tomber dans l'erreur.

Maintenant que nous savons toute la valeur du point d'appui dans l'action des muscles, il devient clair comment la puissance d'un muscle dépend, en partie au moins, de l'etendue de la surface qui correspond à ce point.

La seconde loi de la dynamique (égalité de l'action et de la réaction) a pour conséquence que «toute [2]) force appliquée à un point matériel A, émane d'un autre point matériel B, situé à une distance quelconque du premier, en même temps, le point B est soumis à l'action d'une autre force, émanant du point A. Ces deux forces (action et réaction) sont égales entre elles, dirigées suivant la droite AB et en sens contraire l'une de l'autre». La force active

1) N. Vichnegradsky. Traité de mécanique élémentaire. St.-Pétersbourg 1860, p. 223.

2) M. Ch. Delaunay. loc. cit. p. 109.

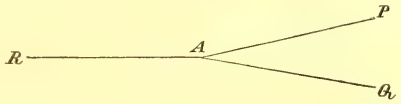
d'un muscle doit, par conséquent, être en rapport avec l'étendue de sa surface d'appui, une même section physiologique et un même bras de levier étant donnés, la réciproque est vrai également. Ceci est d'autant plus exact que pris isolément, les faisceaux musculaires se soumettent par rapport au levier qu'ils font mouvoir à la 3-me et à la 4-me loi de la mécanique, qui sont les suivants: «L'effet [1]) produit par une force sur un point matériel est indépendant du mouvement antérieurement acquis par ce point» et «Lorsque [2]) plusieurs forces agissent simultanément sur un même point matériel chacune d'elles produit le même effet que si elle agissait seule».

Il resulte de tout ce que nous venons de voir que, toutes choses égales d'ailleurs, la force exprimée par un muscle sera d'autant plus grande, que la surface d'appui de ce muscle sera plus étendue et que le nombre de ses faisceaux sera plus considérable. Le point d'appui peut consister en une surface osseuse, un tendon ou plus souvent une aponévrose. Il est clair que plus ce point d'appui sera ferme, résistant et immobile et plus sera grande la force exprimée par le muscle et vice versa. Plus flexibles que les surfaces osseuses, les aponévroses ne sauraient être un point d'appui efficace que si elles sont fixées dans leur position, d'une façon quelconque. Le plus souvent nous trouvons des voûtes musculo-aponévrotiques, comme dans le cas du tendon d'Achille et du soléaire réunis, qui servent de point d'appui aux gastrocnémiens. Plus la contraction du soléaire sera énergique et plus le tendon d'Achille sera tendu; il formera alors avec le soléaire une voûte solide dont la base pourra être considérée comme le point d'appui des gastrocnémiens.

Voici comment on peut s'expliquer l'action de ce muscle ainsi que les dispositions analogues, qu'on rencontre si souvent dans le système musculaire:

Si trois forces P, Q, R (fig. 1), agissent sur un point A, par l'intermédiaire de trois cordons qui se réunissent en ce point, et si elles se font équilibre, l'une quelconque de ces forces devra être égale et directement opposée à la résultante des deux autres d'où l'on conclut que ces trois cordons sont dans un même plan et que chaque force peut être répresentée en grandeur par le sinus de l'angle formé par les directions des deux autres [3]). Cette disposition peut être expliquée également, en se fondant sur la loi du polygone funiculaire [4]).

Fig. 1.

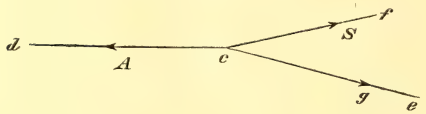


Analysons maintenant l'action des muscles gastrocnémiens et soléaire et leur rapport avec leur tendon commun représenté sur la fig. 2. Nous avons là deux fils G et A tendus

1) M. Ch. Delaunay. l. c. p. 109.
2) M. Ch. Delaunay. l. c. p. 115.
3) M. Sturm. Cours de mécanique de l'école polytechnique. Paris 1861. T. II, p. 29.
4) Delaunay. l. c. p. 323.

dans deux directions opposées; lorsqu'ils sont tendus ainsi, ils forment par leur réunion un point d'appui et les forces qui leur donnent leur tension sont concentrées dans le point *c*. Ils influent sur la tension du fil *S*, dont la force s'applique sur le point mobile *f*. Lorsqu'on connait la force *G* et la résistance qui existe en *A* du fil fixé en *d*, de même que l'angle qu'il forme avec le fil précédent *G*, on peut calculer facilement la direction et la force de leur résultante *S* qui applique sa force en *f*. Une telle disposition est avantageuse par lui même que lorsque le point mobile est déplacé en *d* par exemp., les forces *G* et *S* seront concentrées en *c* et tenderont le fil *A* qui est égal et parallèle à la résultante de ces deux forces, déplacées maintenant en *d*. Le point d'appui pourra donc être facilement déplacé tantôt vers la périphérie, tantôt vers le centre.

Fig. 2.



Lorsque les gastrocnémiens et le soléaire agissent simultanément p. ex. le tendon d'Achille se tend et le point d'application de leur force se trouvera sur la portion postérieure et inférieure du tubercule du calcanéum (étendue de 7,45 c. carrés); ces muscles agissent alors sur le levier de la première espèce formé par le pied. La surface d'appui mesure en pareil cas, 146,98 c. carrés. Si au contraire, le point d'appui est périphérique (situé en bas) le muscle soléaire tend en se contractant le tendon d'Achille et forme avec lui une voûte solide qui sert d'appui au gastrocnémiens; ces derniers appliquent leur force sur la partie postérieure et inférieure de la cuisse aux dessus des condyles. En un mot, si on admet que la base de la voûte dont nous venons de parler et qui mesure 215,315 c. carrés forme le point d'appui des gastrocnémiens, le point d'application de leur force étant au dessus des condyles (insertions supérieures des gastrocnémiens 35,87 c. carrés), on trouve que ces muscles agissent sur le long bras du levier, la résistance étant représentée par toute la masse du corps. Le coraco-brachial forme une voûte analogue à la courte portion du biceps, la portion courte du biceps fémoral à la longue portion du même muscle, le vaste interne et le vaste externe au droit antérieur de la cuisse, le point d'appui étant périphérique. On trouve des dispositions semblables dans les muscles qui s'insèrent sur l'épicondyle et sur l'épitrochlée.

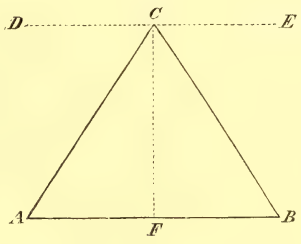
Nous avons examiné jusqu'ici, l'importance du point d'appui par rapport à l'intensité de la force active dégagée, mais le point sur lequel cette force s'applique n'est pas d'une médiocre importance, non plus. Il est clair, que la longueur relative des deux bras de levier sera ici d'une importance capitale. Plus le point sur lequel la force appliquée et raproché du point d'appui du levier, plus il est en même temps éloigné de la résistance et plus les mouvements seront rapides et précis, le tout au détriment de la force produite. Lorsqu'au contraire, la force active d'un muscle s'applique sur un point plus rapproché de la résistance et plus éloigné du point d'appui du levier, ce qui sera gagné en force, sera d'autre part per-

du en agilité et en précision. Si nous ne perdons pas de vue qu'à mesure que la surface qui sert de point d'application à une force s'étend, elle s'éloigne par là même du point d'appui du levier, nous comprendrons aisement que l'étendue de cette surface est une condition favorable à l'intensité de la force dégagée. Dans le membre inférieur, lorsque le point d'appui est central (flexion de la jambe ou du pied) l'application de la force musculaire à lieu au moyen d'une anse qui entoure le levier: ainsi les fibres du demi-tendineux et du demi-membraneux peuvent être suivies, jusqu'à la tubérosité antérieure du tibia où ils s'insèrent, le premier sur une étendue de 5,5 c.c. et le second sur une étendue de 3,99 c.c.; les fibres du biceps s'insèrent sur la même tubérosité (3 c. carrés) et viennent former avec l'aide de deux premiers muscles et avec celle de la tubérosité elle même, une anse qui entoure la portion antérieure et supérieure du tibia. La surface mesurée par cette anse égale 35,20 c. carrés. Une disposition analogue s'observe au pied: en effet, le long péronier latéral vient s'insérer sur la base du 1-er métatarsien et sur le 1-er cunéiforme (1,27 c. carrés), où se rendent d'autre part les fibres tendineuses du jambier antérieur (1,28 c. c.). Le tout forme une anse qui s'applique sur le pied dans une étendue de 9,12 c. c.

Des anses du même genre ne se trouvent pas dans le membre supérieur. Elles ont cet avantage que lorsque le point d'appui du muscle devient périphérique, son étendue devient considérable, or, nous ne devons pas oublier que c'est surtout, lorsqu'il s'agit de faire mouvoir le tronc, que les muscles du membre inférieur doivent exprimer une force très intense.

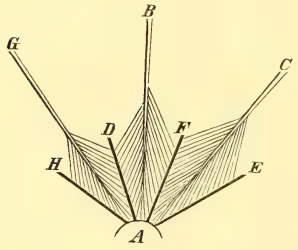
Lorsque la surface, sur laquelle la force d'un muscle s'applique est réduite, celle qui sert de point d'appui au même muscle l'est aussi, en général. Supposons, qu'un muscle applique sa force sur une surface limitée *C.* (fig. 3) et que la surface qui sert au même muscle de point d'appui est au contraire, très considérable; en pareil cas, les fibres devront avoir une direction oblique *AC* et *BC.* Chacune de ces forces peut être décomposée en deux forces qui viennent former en *C* un angle droit. Pour *AC* nous avons *CD* et *CF* et pour *BC* nous avons *CE* et *CF.* Etant égales et agissant en sens inverse, *CD* et *CE* ne peuvent que fixer le point *C* ou bien si on suppose que ce point est transformé en une surface, les parties constituantes de cette dernière pourront s'écarter les unes des autres. Dans tous les cas, les forces *CD* et *CE* ne contribueront en rien au rapprochement du point *C* de la surface *AB*; cette action sera dué uniquement à la réunion des deux forces *CF.* On voit par là même, qu'une pareille disposition est éminemment désavantageuse. Ce n'est pas ainsi que les choses se passent, en général, et lorsque la surface, qui sert de point d'appui à un muscle est limitée, celle où sa force s'applique l'est aussi, de sorte que la direction de ses fibres sera paralléle. Ces ca-

Fig. 3.



ractères sont surtout accentués dans les muscles des yeux, du cou, de même que dans ceux du membre supérieur; ainsi dans le deltoïde nous trouvons 14,56 c. c. pour la surface d'appui, 10,56 pour la surface d'application des forces, tandis que la section physiologique absolue de ce muscle est de 21 c. c. le poids de membre supérieur (sans la clavicule et l'omoplate) étant de 587,8 grammes. A l'avantbras (fig. 4), la surface osseuse dont partent les faisceaux musculaires est très limitée (*A*), mais le plus grand nombre de ces faisceaux prend son origine de la surface concave, de deux membranes fibreuses voisines l'une de l'autre et qui semblent continuer l'os (*AD* et *AF*); ces faisceaux viennent s'insérer ensuite sur la face superficielle d'un tendon qui a la forme d'un tranchant et qui pénètre profondement dans le tissu musculaire. En vertu de cette disposition, les fibres musculaires forment avec la surface qui sert de point d'appui au muscle un angle sensiblement égal à un angle droit et la section physiologique du dit muscle est aussi grande que possible. Le rond pronateur p. ex. présente avec un point d'appui de 20,12 c. c. et 3,66 c. c. de point d'application des forces une section physiologique de 4,8 c. c.; le grand palmaire: — surface d'appui = 13,42 c. c., point d'application des forces = 0,35 c.c., section physiologique = 3,4 c. c.; le cubital antérieur: surface d'appui = 12,60 c. c., applications des forces = 0,71 c. c., section physiologique = 5,5 c. c. Il importe de ne pas oublier que pour que l'action de ces muscles soit énergique, il faut que les membranes fibreuses qui leur servent de point d'appui soit fixées et par là même rendues plus résistantes pour l'action des muscles voisins.

Fig. 4.



L'ensemble des caractères que nous venons de voir, nous permettra de différencier les uns des autres, les muscles appartenant aux deux types principaux, que nous admettons. Voici en résumé, quels sont ces caractères: les muscles du premier type s'insèrent sur des surfaces étendues (point d'appui et point d'application des forces) et s'écartent en proportion du point d'appui du levier qu'ils font mouvoir. Cette circonstance leur permet d'exprimer une force très intense bien que leur section physiologique soit relativement minime, et cela sans que leur tension ait besoin d'être énergique. Voilà pourquoi, ils se fatiguent moins rapidement que les muscles appartenant au second type. L'expérience démontre encore, qu'ils ne peuvent agir, le plus souvent, que par l'ensemble de leurs faisceaux. Aussi ne peuvent-ils donner lieu à des mouvements rapides et précis. Ils sont formés en général de fibres courtes. Leur force active enfin, est énorme, leur force absolue étant relativement réduite.

Les muscles du second type, au contraire, s'insèrent sur des surfaces peu étendues (point d'appui et point d'application des forces); ils appliquent leur force dans le voisinage du point

d'appui du levier qu'ils ont à faire mouvoir. Cette disposition désavantageuse au point de vue de l'économie des forces, fait que leur tension doit être relativement très intense. Cet effort, ils peuvent l'accomplir, parce que leur force absolue (section physiologique) est relativement très grande, mais elle a comme conséquence nécessaire, l'usure relativement rapide de ces muscles. Notons, que d'autre part, ce qui est perdu en force, est autant de gagné, en agilité et en précision: aussi les muscles appartenant au second type ont ils leur raison d'être dans le membre supérieur.

Comme exemple des muscles, qui appartiennent au 1^{r} type et qui se trouvent principalement dans le membre inférieur et dans le tronc, nous citerons: le grand fessier (point d'appui = 342,79 c. c.; point d'application des forces = 47,77 c. c.; section physiologique = 25,8 c. c.); le triceps de la jambe, formé par les gastrocnémiens et soléaire (point d'appui calculé sur la base de la voûte musculo-aponévrotique formée par le soléaire et le tendon d'Achille 215,315 c. c.; point d'application des forces = 35,87 c. c.; section physiologique absolue des gastrocnémiens = 27,98 c. c.); les muscles de la masse commune des extenseurs du tronc[1]) (point d'appui inférieur = 271,66 c. c.; point d'application des forces = 234,04 c. c.; section physiologique = 30,1 c. c.); etc. Les caractères des muscles du 2^{d} type sont surtout accentués dans les muscles des yeux, de la face et dans ceux qui entourent les articulations atloïdo-occipitale et atloïdo-axoïdienne, de même que dans les muscles du membre supérieur, comme le deltoïde (point d'appui — 14,56 c. carrés, point d'application des forces — 10,51 c. c. section physiologique — 21 c. c.).

Les types musculaires, que nous venons de décrire, peuvent être soumi à une analyse systématique et par là même tout se que nous venons de dire à leur sujet peut être vérifié par l'application d'une méthode tout-à-fait exacte. Il importe à cette fin, de se représenter graphiquement la direction des fibres musculaires d'un muscle-type, sa section transverse, l'angle qu'il forme avec le levier, la direction de la surface qui lui sert de point d'appui et de celle sur laquelle il applique sa force. Il faut de plus, déterminer la distance qui sépare les deux surfaces d'insertions des muscles, ainsi que la valeur de la résistance et le poids du levier sur lequel le muscle agit. Il existe déjà dans la littérature des recherches de ce genre, mais ces recherches ne portent que sur la forme des muscles; elles ne font ressortir l'importance des autres considérations que nous venons de voir. De cette façon les conditions véritables qui permettent de comprendre l'action des muscles dans l'organisme vivant sont laissés dans la plus complète obscurité. Ainsi S. Haughton[2]) qui a vérifié et continué les recherches de Borelli[3]) divise les muscles d'après leur forme seulement de la façon suivante[4]).

1) M. sacro-lombaire et long dorsal.

2) Principles of animal mechanics. 2-d edit. London 1873.

3) De motu animalium. Lugduni Batavorum 1710.

4) Principles etc. l. c. p. 164.

I. Muscles dont les fibres sont situées dans un même plan.

1. Fibres parallèles et droites:
   a) f. droites et prismatiques.
   b) f. rhomboïdales.
   c) f. pennées.

II. Muscles dont les fibres forment des surfaces concaves ou convexes.

1. Fibres droites:
   a) surfaces courbes.

I. Muscles dont les fibres sont situées dans un même plan.

2. Fibres droites qui se coupent les unes les autres:
   a) M. triangulaires.
   b) M. deltoïdes.
   c) M. quadrilatères.
3. M. dont les fibres sont courbes et parallèles:
   a) sphincters.

II. Muscles dont les fibres forment des surfaces courbes.

2. Fibres courbes:
   a) F. à surfaces ellipsoïdes.

Après avoir étudié à ce point de vue, et cela chez plusieurs animaux, les muscles de la hanche, de l'épaule et d'autres articulations encore, Haughton pose les conclusions suivantes[1]):

1) Chaque muscle est organisé de façon à ne donner qu'un seul genre de travail et cela dans les conditions les plus avantageuses possibles.

2) Le nombre des muscles qui entourent une articulation dépend du type auquel appartient cette articulation.

3) Le genre auquel appartiennent les os d'une articulation et leur forme sont une conséquence nécessaire du genre (forme) et de la force des muscles qui l'entourent.

4) Le muscle le plus petit de l'économie animale est aussi minutieusement adoptée aux conditions moyennant lesquelles s'accomplit son travail mécanique, que le muscle le plus grand de cette même économie.

Voici quelles sont les déductions générales que Haughton croit pouvoir tirer de ces conclusions, quant à l'action des muscles et des articulations[2]).

1) La Providence a imaginé à l'avance le type de chaque membre et le genre d'action q'uil pourra avoir.

2) Supposons que l'idéal d'un membre et de son action sont donnés: le nombre, la forme et la disposition des muscles nécessaires peuvent être déterminés à l'avance avec plus de précision encore, que celle avec laquelle les astronomes prédirent une éclipse.

3) La forme (et l'espèce) des os d'une articulation et leur disposition est une conséquence forcée de l'arrangement des muscles de cette articulation.

4) Toute modification dans l'agencement des os, des muscles et des articulations doi-

1) l. c. p. 387.

2) l. c. p. 387.

vent abaisser et cela d'une façon héréditaire la fonction du membre donné et rendre son mécanisme moins parfait.

5) De cette façon, l'invariabilité et la stabilité de chaque espèce sont assurées (en ce qui concerne les os, les muscles et les articulations, du moins) sur des bases si solides, qu'il nous semble étonnant que Darwin ait pu les combattre.

6) L'étude fondamentale du jeu des articulations ne permet pas de soutenir que les ressemblances trouvées entre les os, les muscles et les articulations des différents animaux peuvent être expliquées par leur descendance d'un ancètre commun.

Les déductions que nous venons de voir ne ressortent nullement des preuves amenées par Haughton. Il ne dit pas un seul mot de la façon dont les formes et les fonctions se modifient sous l'influence de diverses causes; il n'a donc pas le droit de conclure à l'invariabilité et à la fixité des formes. Nous avons déjà examiné ailleurs les causes qui influent sur la forme des os et nous avons montré que les mouvements qu'on trouve dans une articulation dépendent de la forme de ses surfaces articulaires[1]). Nous avons de plus cherché à préciser dans ce travail la position des ligaments et des muscles par rapport aux axes de mouvement. Nous ne reviendrons donc plus à ce sujet. Comme nous l'avons déjà dit, la classification de Haughton est basée sur la forme des muscles et sur la direction de leurs fibres. Tout en ne niant pas l'importance de la forme des muscles nous avons à proposer une classification meilleure, basée sur les différences fonctionnelles des muscles. Nous placerons d'un coté les muscles destinés à gagner en force, de l'autre les muscles destinés à gagner en vitesse et en précision, de façon à mieux s'adopter aux obstacles qui sont à vaincre. Ces différences fonctionnelles dépendent des rapports des muscles avec les leviers qu'ils font mouvoir et de la disposition de leurs surfaces d'insertion; elles ont comme conséquence une usure plus ou moins considérable, laquelle nécessite à son tour un apport de sang plus ou moins grand. De là une différence appropriée dans la disposition des vaisseaux et des nerfs. Ces deux types musculaires peuvent être représentés graphiquement et peuvent être soumis à une analyse mathématique.

Chapitre II.

Application des lois de l'equilibre aux principaux types musculaires.

Suivant les indications qu'a eu l'obligeance de nous donner Mr. Imchenetzky, membre de l'Académie des sciences, nous allons faire voir comment les règles générales de la statique peuvent être appliquées aux principaux types musculaires, que nous considerons.

On peut comparer, l'intensité des fibres musculaires à un système des forces s'équili-

1) Des causes qui influent sur la forme des os. Comptes rendus de la societé des Médecins russes 1880, et De la façon dont les os s'unissent entre eux. Biblioth. de méd. Avril. 1882.

brant, au moyen d'un levier de 3-me espèce soit seulement avec son propre poids, soit avec celui-ci et le poids ajouté à son extremité libre.

Il est donc nécessaire de déduire, du principe de l'équilibre du levier, les formules appropriées aux divers cas particuliers que nous allons étudier, variant le système des forces conformément au type du muscle qu'il doit représenter schématiquement.

En supposant, pour simplifier, que toutes les fibres sont situées dans un plan, qui est le plan de rotation du levier, il suffit de considérer les cas suivants des systèmes des forces, afin d'avoir un schema complet des types musculaires principaux, quant à la disposition de leurs fibres:

1) des forces parallèles, arbitrairement inclinées par rapport au levier;

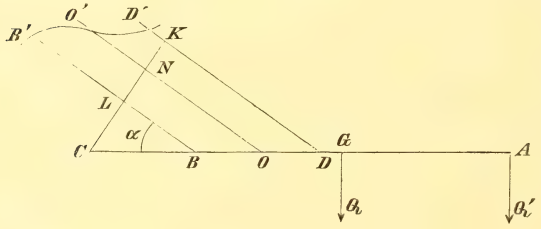
2) des forces divergentes appliquées à un point du levier; et

3) des forces convergentes vers un point hors du levier et appliquées à ses divers points.

Dans nos déductions ultérieures ayant besoin de s'appuyer sur les formules de tension moyenne des fibres musculaires, se rapportant à ces divers cas, nous allons, pour plus de clarté, les déduire ici.

1. Fibres parallèles.

Soit la ligne horizontale CA représente un levier rigide de la 3-me espèce, ayant en C son point d'appui et en G son centre de gravité, où est appliquée la force verticale Q représentant le poids du levier, chargé, en outre, à son extremité libre A par un poids additionel Q'.



Les deux forces Q et Q' se trouvent en équilibre avec un système continu des forces paralleles BB', ..., DD', faisant un angle $CBB' = \alpha$ avec le levier et agissant sur touts les points de son segment BD.

Substituant à ce système des forces parallèles leur résultante R, qui leurs est parallèle et égale à leur somme, on a

$$R.CN = Q.CG + Q'.CA$$

la condition de l'équilibre, où CN designe la distance du point d'appui C de la direction OO' de la résultante R qui s'exprimera donc par la formule

$$R = \frac{Q.CG + Q'.CA}{CN}.$$

Le nombre des forces $BB', \ldots, DD'$ peut être convenablement répresenté par la longueur LK, comprise entre les forces extrèmes BB' et DD', du perpendiculaire abaissé sur leur direction du point d'appui C.

Cela posé, la somme R des forces parallèles étant divisée par leur nombre donne leur intensité moyenne

$$M = \frac{R}{LK} = \frac{Q.CG + Q'.CA}{CN.LK}.$$

Si l'on pose pour abréger:

$$CA = a,\ CG = g,\ CB = b,\ BO = c,\ LK = k,\ CN = (b + c)\sin\alpha,$$

la formule précédente s'écrira ainsi

$$M = \frac{Q.g + Q'a}{(b+c)\,k.\sin\alpha}. \qquad (I)$$

Le système des forces parallèles répresentant les tensions des fibres musculaires, M est leur tension moyenne et la formule (I) montre que cette tension est en raison inverse des quantités: $b + c$, k et $\sin\alpha$.

Remarquons encore, que dans la formule (I) toutes les quantités, à l'exeption de $BO = c$, peuvent être envisagées comme connues.

La recherche de la valeur de c peut être plus ou moins facile, selon la loi d'après laquelle se distribue la tension dans les différentes fibres parallèles.

Il y a un cas où la valeur de c est évidente.

En effet, si les fibres qui se trouvent à distance égale de la fibre centrale sont tendues également, les diverses paires des fibres pouvant avoir chacune une tension différente, alors la résultante R passera évidemment au milieu du segment BD, donc $c = \frac{1}{2}\,BD = \frac{1}{2}\,l$ et la formule (I) se simplifie ainsi

$$M = \frac{Q.g + Q'.a}{(b + \frac{1}{2}l)\,k\sin\alpha}.$$

Mais en général la tension des fibres n'étant pas distribuée d'une manière symmétrique par rapport à la fibre centrale, il faudra déterminer la valeur de c par la même méthode qui sert à la recherche du centre de gravité.

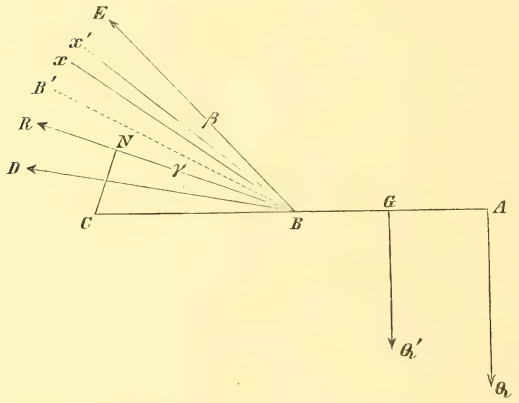
En effet, trouver le point O sur la ligne BD est absolument la même chose que de déterminer le centre de gravité d'une série des points matériels juxtaposés sur BD et dont les poids sont proportionels a des tensions des fibres qui traversent ces points.

On peut aussi comparer ce problème à la recherche du centre de gravité d'une aire plane limitée par les droites BD, BB', BD' et par une courbe $B'O'D'$ dont les ordonnées parallèles à BB' auraient exprimées la loi de variation des tensions des fibres musculaires.

La méthode de la recherche du centre de gravité soit analytique, soit expérimentale étant bien connue, nous n'avons pas besoin d'insister sur ce point.

2. Fibres divergentes.

Reprenons un levier droit horizontal CA ayant son point d'appui en C, son centre de gravité en G, point ou se trouve concentré son poids Q' et portant sur son extremité libre A le poids Q.



Les deux forces Q et Q' sont maintenant en équilibre avec un système de forces en nombre indéfini, situées dans un même plan que les deux forces précédentes et qui partent en rayonnant d'un même point B du levier, de sorte que les forces extrêmes BD et BE font avec celui-ci des angles $CBD = \alpha$ et $CBE = \beta$.

Les forces qui s'appliquent en B ont pour résultante $BR = R$ qui fait avec le levier l'angle $CBR = \gamma$ et passe à la distance CN du point d'appui C.

Les forces R, Q et Q' étant en équilibre, nous avons:

$$R.CN = Q.CA + Q'.CG$$

d'où

$$R = \frac{Q.CA + Q'.CG}{CN}.$$

Décrivons du point B comme centre et avec un rayon $= 1$ une circonférence dont les arcs compris dans les angles CBD, CBE et CBR sont α, β et γ. En divisant R par $\beta - \alpha$ nous aurons la tension moyenne des fibres divergentes.

Et en la désignant par M nous aurons

$$M = \frac{Q.CA + Q'.CG}{(\beta - \alpha)\,CN}$$

ou

$$M = \frac{Q'a + Qg}{(\beta - \alpha).b.\sin\gamma} \qquad \text{(II)}$$

en supposant

$$CA = a,\ CG = g,\ CB = b,\ CN = b \sin \gamma,$$

La formule (II) montre que M varie en raison inverse des valeurs: $\beta - \alpha$, b et $\sin \gamma$.

Dans notre problème, toutes les quantités qui entrent dans cette formule, sont connues à l'exeption de l'angle γ. L'angle γ formé par le levier et la résultante R se détermine d'une façon plus ou moins simple selon la loi de tension des différentes fibres.

Il sera déterminé immédiatement quand les fibres qui forment des angles égaux avec la ligne BB', laquelle divise en deux parties égales l'angle DBE, ont une tension égale.

Dans ce cas la résultante R coïncide avec la bissectrice BB'; par conséquent $\gamma = \frac{\alpha + \beta}{2}$ et la formule (II) prend la forme suivante

$$M = \frac{Q.a + Q'.g}{(\alpha - \beta).b.\sin \frac{\alpha + \beta}{2}}.$$

Si la tension des fibres n'est pas symmétrique par rapport à la bissectrice BB', il importe, afin de déterminer la valeur du sin γ, de connaître la loi suivant laquelle se distribue la tension des diverses fibres.

Prenons l'angle infiniment petit $xBx' = d\theta$, compris dans l'angle DBE, et designons par θ l'angle DBx. Supposons que $f(\theta)\ d\theta$ est la résultante de la tension des fibres comprises dans l'angle $d\theta$. Cette force peut être decomposée en deux forces:

1) $f(\theta) \cos(\alpha + \theta)\ d\theta$ parallèle au levier,

2) $f(\theta) \sin(\alpha + \theta)\ d\theta$ perpendiculaire au levier.

En faisant isolément la somme des composantes analogues à 1) et 2) nous aurons deux intégrales:

$$3)\ A = \int_0^{\beta-\alpha} f(\theta) \cos(\alpha - \theta)\ \partial\theta,$$

et

$$4)\ B = \int_0^{\beta-\alpha} f(\theta) \sin(\alpha + \theta)\ \partial\theta,$$

qui représentent les deux forces et notamment A — la force parallèle et B — la force perpendiculaire au levier dont la résultante est R. Donc

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

et comme γ est l'angle formé par la résultante avec le levier,

$$\sin \gamma = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

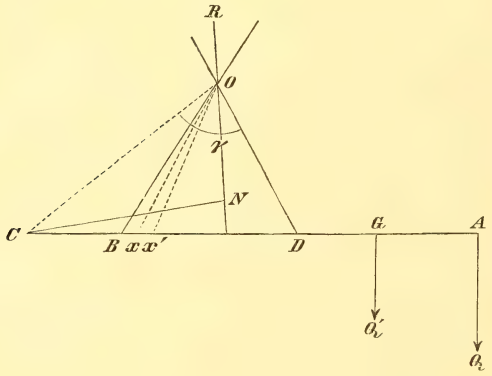
et la formule (II) généralisée prend la forme suivante

$$M = \frac{(Q.a + Q'g)\sqrt{A^2 + B^2}}{(\beta - \alpha).b.B}$$

A et B devant être interprètées par les formules 3) et 4).

3. Fibres convergentes.

Soit CA un levier horizontal dont le poids est désigné par Q', son centre de gravité et son point d'appui étant respectivement G et C. Le poids additionel Q se trouve sur son extremité A. Les forces Q et Q' sont maintenant en équilibre avec un système de forces convergentes vers le point O qui se trouvent dans le même plan que Q et Q' et sollicitent tous les point du segment BD du levier.



La résultante de ces forces R passe par le point O à une distance CN du point d'appui C du levier.

La condition d'équilibre de ces forces s'exprime par l'équation

$$R.CN = Q.CA + Q'.CG$$

d'où

$$R = \frac{Q.CA + Q'.CG}{CN}$$

Menons la ligne CO et du point O comme centre décrivons avec un rayon $= 1$ une circonférence; désignons par α, β et γ les arcs de cette circonférence compris dans les angles COB, COD et CON. L'angle BOD des fibres extrèmes se mesure par l'arc de cercle $\beta - \alpha$. En divisant l'équation précédente par $\beta - \alpha$ nous aurons

(III) $$M = \frac{R}{\beta - \alpha} = \frac{Q.a + Q'g}{(\beta - \alpha)k.\sin\gamma}$$

où l'on pose

$$a = CA,\ g = Cg,\ CO = k \text{ et } CN = k \sin \gamma.$$

Cette expression de M représente aussi la tension moyenne des fibres.

Si par rapport à la droite qui divise en deux parties égales l'angle BOD les fibres

également tendues sont disposées d'une façon symmétrique, c'est-à-dire qu'elles forment avec elle des angles égaux, la résultante R devra aussi diviser l'angle BOD en deux parties égales. En pareil cas $\gamma = \frac{\alpha + \beta}{2}$ et en même temps

$$M = \frac{R}{\beta - \alpha} = \frac{Q.a + Q'g}{(\beta - \alpha) k \sin \frac{\alpha + \beta}{2}}.$$

Dans d'autres cas $\gamma < \frac{\alpha + \beta}{2}$ ou bien $> \frac{\alpha + \beta}{2}$ suivant que le nombre des fibres à tension plus grande sera plus considérable dans la première ou dans la seconde moitié de l'angle BOD. Sans nous arrêter sur les détails inutils, remarquons qu'il est en général théoriquement possible de déterminer la valeur exacte de $\sin \gamma$, à l'aide du calcul intégral, en supposant connue la loi de variation des tensions des différentes fibres musculaires et en appliquant la méthode indiquée dans le cas précédent (II).

I. La formule (I) nous permet d'affirmer que, lorsqu'un muscle à fibres parallèles fait mouvoir un levier d'une longueur et d'un poids déterminés, la tension de ses fibres devra être d'autant plus intense que le point où la résultante de leurs forces réunies s'appliquera, sera plus rapproché du point d'appui du levier. Cette tension devra augmenter encore à mesure que diminuera la section transverse du muscle et le sinus de l'angle formé par cette résultante avec le levier lui-même. La réciproque est vraie également.

II. La formule (II) nous montre que lorsqu'un muscle dont les fibres convergent vers un point d'un levier à longueur et à poids déterminés, la tension de ses fibres devra être d'autant plus intense que le point où s'applique la résultante de leur forces réunies sera plus rapproché du point d'appui du levier. Cette tension devra augmenter également à mesure que diminuera la section transverse du muscle et le sinus de l'angle formé par la résultante et le levier lui-même. La réciproque est vraie également.

III. La formule (III) nous montre que lorsqu'un muscle est composé de fibres émanant d'un seul point et venant s'étaler sur une large surface du levier, ces fibres devront agir avec une tension d'autant plus intense que la section transverse du dit muscle sera plus réduite et que le point d'intersection de la perpendiculaire abaissée du point d'appui du levier sur la résultante des forces réunies des fibres, sera plus rapproché du point d'appui du levier. La réciproque est vraie également.

Chapitre III.

Mesures faites pour vérifier les types musculaires.

Les différences dans la façon dont les muscles, appartenant aux deux types musculaires que nous avons décrits, expriment leur force, différence, basée sur les dimensions des surfaces d'appui et des surfaces où les muscles appliquent leur force, ainsi que sur la valeur de leur section transverse ont été constatées par nous anatomiquement d'abord, puis en étudiant la manière dont la force musculaire se produit chez l'individu vivant.

Déjà en 1880 nous avons communiqué le resultat de nos recherches à la Société des Med. russes. Plus tard, nous avons proposé au Dr. Varavin[1]) de vérifier, sous notre direction, ces mêmes lois, en mesurant les points d'appui, les points d'application des forces et les sections transverses des différents muscles de l'économie.

Le docteur Varavin[2]) a fait une étude comparative des muscles des extrémités; le corps étant dans une situation verticale, le point d'appui tantôt central, situé en haut (pour les membres supérieurs-sur la colonne vertébrale et pour les membres inférieurs-sur le bassin), tantôt péripherique, situé en bas (pour les membres inférieurs-sur le sol et pour les membres supérieurs-sur l'objet saisi). Voici les chiffres qu'il a obtenu par cette méthode:

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Abducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
M. deltoïde	21	14,56	10,51
Sus-épineux	6,9	29,50	2,61
	27,9	44,06	13,12

Section physiologique relative = 4,7 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Abducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Tenseur du fascia lata	3,8	—	—
$\frac{3}{4}$ de grand fessier	17,2	31,84	4,86
Moyen fessier	26,5	127,52	6,16
Petit fessier	13,7	48,18	4,94
	61,2	207,54	15,96

Section physiologique relative = 3,4 c. c.

1) V. Varavin. Matériaux pouvant servir à l'étude de la façon dont s'exprime la force active des muscles du membre supérieur et celle des muscles du membre inférieur. St.-Pétersbourg, 1882.

2) Afin de déterminer la section physiologique absolue d'un muscle, on commence par déterminer le volume de ce muscle; celui ci se détermine en plongeant le muscle dans de l'huile (l'huile empêche le tissu musculaire de gonfler). Le volume ainsi obtenu est divisé par la longueur des faisceaux, le quotient de la division représente la sect. phys. absolue de muscle en question. La longueur des faisceaux s'obtient en juxtaposant en 10 endroits au moins, un fil ciré aux faisceaux musculaires, on prend ensuite un chiffre moyen. Afin de déterminer l'étendue d'une surface, on commence par en marquer les contours au crayon d'aniline, puis on applique une feuille mince de papier huilé, on calque par transparence et on transporte le dessein sur un autre papier divisé en c-tres et mm-tres carrés.

Le docteur Varavin appelle section physiologique relative la quantité de centimètres carrés de la surface transverse d'un muscle nécessaire pour soulever 100 grammes d'os du membre sur lequel le muscle agit. Pour les muscles de l'épaule, on prenait 100 gr. d'os du membre supérieur, sans l'omoplate et la clavicule. Pour les muscles de l'avant — bras 100 grammes d'os de l'avant — bras, du poignet et de la main. Pour les muscles du genou 100 gr. d'os de la jambe et du pied, le point d'appui étant central et 100 gr. d'os de la cuisse-ce dernier étant périphérique. M. Varavin a fait ainsi l'étude compara-

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Abducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Sus-épineux	6,9	2,61	29,50
Deltoïde	21	10,51	14,56
	27,9	13,12	44,06

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de la clavicule et de l'omoplate) = 14,5 c. c.
Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os du tronc divisé en deux) = 0,05 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Abducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Tenseur du fascia lata	3,8	—	—
$\frac{2}{3}$ grand fessier	17,2	228,52	31,84
Moyen fessier	26,5	6,16	127,52
Petit fessier	13,7	4,94	48,18
	61,2	239,62	207,54

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de l'os iliaque et du sacrum divisé en deux) = 9,6 c. c.
Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os du tronc divisé en deux) = 0,12 c. c.

Voici quels sont les rapports [1]) des muscles abducteurs du bras et de la cuisse: le point d'appui étant en haut, les sections physiologiques absolues sont dans le rapport de 100 : 220, les sections physiologiques relatives 100 : 72; les points d'appui = 100 : 470; les points d'applications des forces = 100 : 120. Cela veut dire que les membres inférieurs ont des surfaces d'insertion 5 fois plus étendues que celle des membres supérieurs, leur section physiologique étant moins grande. Si le point d'appui est transporté en bas, les sections physiologiques absolues seront dans le rapport de 100 : 220; les sections physiologiques relatives = 100 : 66; point d'appui = 100 : 1820; point d'application des forces = 100 : 470.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Adducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Grand pectoral	9,4	75,35	4,06
Grand rond	5,6	16,85	2,83
Grand dorsal	5,3	17,35	2,92
	20,3	109,55	9,81

Section physiologique relative = 3,4 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Adducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Pectinée	3,2	2,87	1,48
1-er Adducteur	5,2	2,07	4,31
2-d Adducteur	7.8	1,48	4,07
Grand Adducteur de Henle	16,7	5,12	26,65
Adductor minimus (Henle)	2,9	2,1	1,74
	35,8	13,64	38,25

Section physiologique relative = 1,9 c. c.

La section physiologique absolue des muscles adducteurs du bras se rapporte à celles des adducteurs de la cuisse comme 100 : 176; leur section physiologique relative = 100 : 56; le point d'appui = 100 : 12; le point d'application des forces = 100 : 390. Cela veut

tive de 10 membres supérieurs et d'autant de m. inférieurs. Les fonctions des muscles sont déterminées par leur rapport avec les axes de mouvement.

1) Nous prenons comme unité les muscles du membre supérieur, que nous représentons invariablement par 100.

dire que la section physiologique absolue et le point d'application des forces des adducteurs de la cuisse sont plus grands que dans les muscles correspondants du membre supérieur, tandis que la section physiologique relative et le point d'appui sont au contraire plus petits.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Adducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Muscles de bras	20,3	9,81	105,55

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de la clavicule et de l'omoplate) = 10,6 c. c.
Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os du tronc divisé en deux) = 0,4 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Adducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Muscles de la cuisse	35,8	38,25	13,64

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de l'os iliaque et du sacrum divisé en deux) = 5,4 c. c.
Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os du tronc divisé en deux) = 0,6 c. c.

Le rapport de la section physiologique absolue des adducteurs du bras avec celle des adducteurs de la cuisse = 100 : 176; section physiologique relative = 100 : 51; point d'appui = 100 : 390; point d'application des forces = 100 : 12. Les adducteurs de la cuisse ont une section physiologique absolue plus grande et un point d'appui plus étendu que les adducteurs du bras; leurs section physiologique relative et leur point d'application des forces sont plus réduits.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
½ Deltoïde	10,5	7,28	5,25
½ grand pectoral	4,7	37,67	2,03
	15,2	44,95	7,28

Section physiologique relative = 2,72 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Psoas iliaque	19	113,30	4,96
Tenseur du fascia lata	3,8	—	—
Pectinée.....	3,2	2,87	1,48
1-er Adducteur.....	7,8	1,48	4,07
2-d Adducteur	5,2	2,07	4,31
	39,0	119,72	14,82

Section physiologique relative = 2,18 c. c.

La section physiologique absolue des muscles du bras se rapporte à la section physiologique des muscles correspondants de la cuisse comme 100 : 263; la section physiologique relative = 100 : 80; le point d'appui 100 : 260; le point d'application des forces 100 : 200.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
½ Deltoïde	10,5	5,25	7,28
½ grand pectoral	4,7	2,03	37,67
	15,2	7,28	44,95

Section physiologique relative (d'os de la clavicule et de l'omoplate) = 7,9 c. c.
Section physiologique relative (d'os du tronc) = 0,03 c.c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Psoas iliaque, pectinée, 1-er et 2-d adducteurs	35,2	14,82	119,72
Droit antérieur	17,4	96,86	—
Couturier	1,8	1,13	1,00
Droit interne	2,1	0,99	2,11
Tenseur du fascia lata	3,8	—	—
	60,3	113,80	122,83

Section physiologique relative (de l'os iliaque et du sacrum) = 9,1 c. c.
Section physiologique relative (d'os du tronc) = 0,12 c.c.

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 398; section physiologique relative = 100 : 116; point d'appui = 100 : 1570; point d'application des forces = 100 : 273. Cela veut dire que le point d'appui et le point d'application des forces sont toujours plus considérable dans les muscles du membre inférieur et que la section transverse relative est plus petite dans la cuisse, le point d'appui étant en haut; lorsque celui-ci est transporté en bas les rapports sont inverses.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
½ Deltoïde	10,5	7,28	5,25
Grand rond	5,6	16,85	2,83
Grand dorsal	5,3	17,35	2,92
	21,4	41,48	11,00

Section physiologique relative = 3,6 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Grand fessier	25,8	44,77	7,30
⅔ Moyen fessier	17,6	83,00	4,10
Petit fessier	13,7	48,18	4,94
	57,1	175,95	16,34

Section physiologique relative = 3,2 c. c.

La section absolue des muscles des bras se rapporte à la section absolue des muscles de la cuisse comme 100 : 260; section relative = 100 : 89; point d'appui = 100 : 424; point d'application des forces = 100 : 140.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation scapulo-humérale. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles.....	21,4	11,00	41,48

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de la clavicule et de l'omoplate) = 11,3 c. c.
Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os du tronc divisé en deux) = 0,04 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation coxo-fémorale. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Grand fessier	25,8	342,79	47,77
Moyen fessier	26,5	6,16	127,52
Petit fessier	13,7	4,94	48,18
Grand adducteur (Henle) .	14,8	26,65	5,12
2-d adducteur	2,9	1,74	2,10
Biceps femoral.....	9,8	35,20	29.56
Demi-tendineux	8		8,73
Demi-membraneux.....	17,9		3,99
	119,4	417,48	272,97

Section physiologique relative (calculé sur 100 gr. d'os de l'os iliaque et du sacrum divisé en deux) = 18,8 c. c.
Section physiologique (calculé sur 100 gr. d'os du tronc = 0,2 c. c.

La section physiologique absolue des extenseurs du bras se rapporte à la même section des extenseurs de la cuisse comme 100 : 560; section physiologique relative 100 : 148; point d'appui 100 : 3780; point d'application des forces 100 : 660. Le résultat est donc le même que pour les fléchisseurs.

Membre supérieur. Rotateurs du bras en dehors. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Sus-épineux	6,9	29,50	2,61
Sous-épineux.....	12,8	60,09	2,30
Petit rond	2,6	8,12	2,74
	22,3	97,71	7,65

Section physiologique relative = 3,9 c. c.

Membre inférieur. Rotateurs de la cuisse en dehors. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Pyramidal	5	16,7	0,94
Obturat. interne et jumeaux	11,5	61,82	2,19
Obturateur externe	6,8	27,14	1,54
Carré crural	4,2	5,02	3,97
½ du petit fessier	4,4	16,06	1,34
½ du grand fessier	6,4	11,94	1,32
Adductor minimus (Henle)	2,9	2,10	1,74
	41,2	140,78	13.04

Section physiologique relative = 2,30.

Rapport de la section physiologique absolue des rotateurs en dehors du bras aux muscles correspondants de la cuisse = 100 : 184; section physiologique relative = 100 : 59; point d'appui = 100 : 144; point d'application des forces = 100 : 170.

Membre supérieur. Rotateurs du bras en dehors. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	22,3	7,65	97,61

Section physiologique relative (de la clavicule et de l'omoplate) = 11,6 c. c.
Section physiologique relative (du tronc) = 0,04 c. c.

Membre inférieur. Rotateurs de la cuisse en dehors. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Pyramidal, obturateur interne et jumeaux, obturateur externe, carré crural, adductor minimus (Henle), ¼ du petit fessier,	34,8	11,64	128,31
¼ du grand fessier	6,4	85,69	11,94
	41,2	97,33	140,25

Section physiologique relative (de l'os iliaque et du sacrum) = 6,2 c. c.
Section physiologique relative (du tronc) = 0,08 c. c.

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 184; rapport des sections physiologiques relatives = 100 : 53; point d'appui = 100 : 1280; point d'application des forces = 100 : 143. L'action des muscles du membre inférieur est basée sur une section physiologique réduite et des surfaces d'insertion étendues, et cela lorsque le point d'appui est en haut, comme lorsque le point d'appui est en bas.

Membre supérieur. Rotateurs du bras en dedans. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Sous-scapulaire	17,9	83,77	4,60

Section physiologique relative = 3 c. c.

Membre inférieur. Rotateurs de la cuisse en dedans. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Tenseur du fascia lata	3,8	—	—
du fessier moyen	17,6	83,00	4,10
du petit fessier	8,8	32,12	2,68
	30,2	115,12	6,78

Section physiologique relative = 1,68 c. c.

Rapport de la section physiologique absolue = 100 : 169; section physiologique relative = 100 : 56; point d'appui = 100 : 137; point d'application des forces = 100 : 147.

Membre supérieur. Rotateurs du bras en dedans. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Membre inférieur. Rotateurs de la cuisse en dedans. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles.....	17,9	4,60	83,77	Mêmes muscles.....	30,2	6,78	115,12

Section physiologique relative (de la clavicule et de l'omoplate) = 9,2 c. c.
Section physiologique relative (du tronc) = 0,03 c. c.

Section physiologique relative (de l'os iliaque et du sacrum) = 4,5 c. c.
Section physiologique relative (du tronc) = 0,06 c. c.

Rapports des sections physiologiques absolues = 100 : 169; section physiologique relative = 100 : 49; point d'appui = 100 : 147; point d'application des forces = 100 : 137. Les rapports sont les mêmes que dans les rotateurs en dehors; les rotateurs de la cuisse ont une section physiologique absolue, un point d'appui et d'application des forces plus grande et leurs sections physiologiques relatives sont plus réduites.

La somme des sections physiologiques, des points d'appui etc.: des membres supérieur et inférieur donnera les chiffres suivants:

Muscles de l'articulation scapulo-humérale.				Muscles de l'articulation coxo-fémorale.			
Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
81,5 c. c.	13,7 c. c.	305,52 c. c.	32,57 c. c.	150,2 c. c.	8,3 c. c.	460,62 c. c.	69,85 c. c.

Le rapport des sections absolues sera de 100 : 184; section relative = 100 : 60; point d'appui = 100 : 150; point d'application des forces 100 : 214. Donc, l'action des muscles du bassin réunis repose sur l'étendue de leur surface d'insertion, (point d'appui et point d'applications des forces), leur section physiologique relative n'étant que réduite. Dans tous les groupes des muscles du bassin la section physiologique relative est moins grande que dans les groupes correspondants des muscles de l'épaule; la surface qui sert de point d'appui (lorsque celle-ci est centrale) est moins étendue dans les muscles adducteurs de la cuisse, seulement. En effet, l'adduction de la cuisse n'exige pas une force considérable, mais les muscles adducteurs prennent part également, à la flexion et à l'extension du tronc sur le bassin, lorsque leur point d'appui se transporte en bas. Ce dernier doit donc être étendu et tel est le cas, en effet.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude[1]). Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Biceps brachial	5,9	22,74	3,34
Coraco-brachial	3,6	—	—
Brachial antérieur	8,8	43,85	3,15
Long supinateur	2,0	2,48	0,65
	20,3	69,07	7,14

Section physiologique relative = 6,2 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou[2]). Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Anse.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Biceps femoral	9,8	29,56	3,0	35,2
Demi-tendineux	8,0	8,73	1,15	
Demi-membraneux	17,9	3,62	3,99	
	35,7	41,91	8,14	35,20

Section physiologique relative = 3,7 c. c.

Le rapport des fléchisseurs de l'avant-bras avec les fléchisseurs de la jambe seront les suivants: section physiologique absolue = 100 : 175; section physiologique relative = 100 : 59; point d'appui = 100 : 60; point d'application des forces = 114; point d'application des forces au moyen d'une anse = 100 : 493.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude[3]). Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	20,3	7,5	7,14	69,07

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou[4]). Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	35,7	4,4	186,32	29,40
Si on considère comme point d'appui la route musculo-aponevrotique du soléaire et du tendon d'Achille et comme point d'application les forces des gastrocnémiens:				
M. gastrocnémiens	27,98	3,4	215,3	35,87

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 175; sections physiologiques relatives = 100 : 59; point d'appui = 100 : 2609; application des forces = 100 : 42. C'est à dire que les sections physiologiques absolues et les points d'appui sont plus considérables des fléchisseurs du genou, la section physiologique relative et l'application des forces l'étant moins.

1) Poids des os de l'avant bras et de la main = 324,2 gr.
2) Poids des os de la jambe et du pied (sans la rotule) = 944,0 gr.
3) Poids de l'humérus = 270,5 gr.
4) Poids du fémur = 809,1 gr.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Triceps brachial.....	28,8	61,60	5,37
Anconé	3,0	1,79	8,66
	31,8	63,39	14,03

Section physiologique relative = 9,8 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Triceps fémoral et droit antérieur	81,7	274,61	96,86

Section physiologique relative = 8,6 c. c.

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 256; section physiologique relative = 100 : 87; point d'appui = 100 : 433; point d'application des forces = 100 : 690.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	31,8	11,7	14,03	63,39

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	81,7	10,0	98,86	274,61

Le rapport des sections physiologiques absolues des extenseurs de l'avant-bras avec celui des extenseurs de la jambe = 100 : 257; section physiologique relative = 100 : 85; point d'appui = 100 : 704; point d'application des forces = 100 : 433. Cela veut dire qu'avec une section physiologique relative reduite, le point d'appui et le point d'application des muscles extenseurs de l'avant-bras sont considérables.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude. Pronateurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Rond pronateur	4,8	20,12	3,66
Carré pronateur[1])	3,3	5,56	9,91
	8,1	25,68	13,57

Section physiologique relative = 2,5 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou. Rotat. de la jambe en dehors. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Couturier	1,8	1,0	1,13
Droit interne	2,1	2,11	0,99
Demi-tendineux	8,0	8,73	1,15
Demi-membraneux.....	17,9	3,62	3,99
Poplité.....	5,2	0,59	15,07
	35,0	16,05	22,33

Section physiologique relative = 3,7 c. c.

1) Lorsque les deux muscles se contractent simultanement, la surface d'appui s'étendra du condyle interne (insertion du rond pronateur) jusqu'à la limite inférieur de l'insertion du carré pronateur (face antérieure du cubitus). L'application du forces des ces muscles partira de la limite supérieure du rond pronateur à la limite inférieure du carré pronateur.

La section physiologique absolue des pronateurs se rapporte à celles des rotateurs de la jambe en dedans comme 100 : 432; section physiologique relative = 100 : 148; point d'appui 100 : 62; point d'application des forces (sans m. poplité) = 100 : 53 avec ce muscle = 100 : 164.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation du coude. Supinateurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Court supinateur	6,0	5,44	21,61
¼ Long supinateur	0,66	0,82	0,22
¾ Biceps brachial.....	9,51	29,00	23,83
	16,17	35,26	45,66
Section physiologique relative = 4,9 c. c.			

Membre inférieur. Muscles de l'articulation du genou. Rotat. de la jambe en dedans. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Biceps fémoral	9,8	29,56	3,0
Section physiologique relative = 1,0 c. c.			

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 60; sections physiologiques relatives = 100 : 20; point d'appui = 100 : 83; point d'application des forces = 100 : 6,5. Les supinateurs ont par conséquent, une section physiologique absolue, une section physiologique relative et des surfaces d'insertion beaucoup plus considérable, que celles des rotateurs de la jambe en dedans. Voici comme ce fait peut-être expliqué: le radius décrit une arc de cercle autour du cubitus, tandis que dans la jambe le mouvement n'existe que dans l'articulation du genou, le rapport des deux os l'un avec l'autre restant invariable. Il importe donc dans l'acte de pronation de rendre plus solide le lien qui unit les deux os l'un à l'autre. De là dépend leur force plus considérable.

Voici quels chiffres donne la réunion de tout les muscles de l'articulation du coude et du genou.

Muscles de l'articulation du coude. (Point d'appui en haut.)				Muscles de l'articulation du genou. (Point d'appui en haut.)			
Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
66,2 c. c.	20,4 c. c.	163,58 c. c.	56,35 c. c.	126,5 c. c.	13,4 c. c.	320,62 c. c.	122,19 c. c.

Les rapports sont les suivants: section physiologique absolue = 100 : 191; section physiologique relative = 100 : 65; point d'appui = 100 : 195; point d'application 100 : 216. On voit que le rapport ici est le même que dans les articulations situées plus haut, c'est à dire que dans les muscles du membre inférieur la section physiologique rela-

tive est moins grande et que l'étendue du point d'appui et du point d'application des forces est plus grande.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne[1]). Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Grand palmaire	3,4	13,42	0,35
Petit palmaire	1,4	5,90	—
Cubital antérieur	5,5	12,60	0,71
	10,3	31,92	1,06

Section physiologique relative = 6,9 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne[2]). Fléchisseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Anse.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Jambier antérieur	10,7	53,58	1,28	9,12
Long péronier latéral	8,9	47,82	1,27	
Court péronier latéral	5,4	28,96	0,96	0,96
Péronier antérieur	1,4	6,91	0,86	0,86
	26,4	137,27	4,37	10,94

Section physiologique relative = 7,0 c. c.

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 256; rapport des sections physiologiques relatives = 100 : 101; point d'appui = 100 : 430; point d'application des forces = 412; point d'application des forces au moyen d'une anse = 100 : 1032.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne[3]). Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	10,3	2,3	1,06	31,92

Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne[4]). Fléchisseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	26,4	1,8	10,94	137,24

Rapport des sections physiologiques absolues 100 : 256; sections physiologiques relatives 100 : 78; point d'appui 100 : 1032; point d'application des forces 100 : 429. Les muscles fléchisseurs de la jambe ont donc une section physiologique relative que les muscles correspondants du membre supérieur et cela aussi bien lorsque le point d'appui est en haut que lorsqu'il est en bas.

1) Poids des os de la main (les os carpienne inclus) = 147,9 gr.

2) Poids des os du pied (les os tarsienne inclus) = 365,7 gr.

3) Poids des os de l'avant-bras et de l'humérus = 446,8 gr.

4) Poids des os de la jambe et du fémur = 1426,9 gr.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
1-er radial externe	2,8	5,44	0,45
2-d radial externe	3,2	8,97	0,40
Cubital postérieur	3,6	5,72	0,45
	9,6	20,13	1,30

Section physiologique relative = 6,5 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Extenseurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Jambier postérieur	17,9	66,54	1,86
Gastrocnémiens	33,0	146,98	7,45
Soléaire	68,4		
Plantaire grêle.	1,5	3,28	—
	120,8	216,80	9,31

Section physiologique relative = 33,0.

Rapport des sections physiologiques absolues 100 : 1258; section physiologique relative 100 : 507; point d'appui 100 : 1077; point d'application des forces 100 : 716.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles.....	9,6	2,1	1,35	20,13

Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Extenseurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Jambier postérieur	17,9	6,0	1,86	66,54
Soléaire.....	68,4		7,45	53,07
	86,3	6,0	9,31	119,61

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 900; section physiologique relative = 100 : 285; point d'appui = 100 : 690; point d'application des forces = 100 : 594. Les extenseurs de l'articulation tibio-tarsienne ont donc une section physiologique absolue et relative, un point d'appui et un point d'application des forces plus considérables que celles des muscles correspondants de l'articulation radio-carpienne.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Abducteurs [1]). (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Cubital postérieur	3,6	5,72	0,45
Cubital antérieur	5,5	12,60	0,71
	9,1	18,32	1,16

Section physiologique relative = 6,1 c. c.

Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Abducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.
Jambier antérieur	10,7	53,58	1,28
Jambier postérieur	17,9	66,54	1,86
	28,6	120,12	3,14

Section physiologique relative = 7,8 c. c.

1) Flexio ulnaris.

La section physiologique absolue des abducteurs de la main se rapportent à celle des abducteurs du pied comme 100 : 314; section physiologique relative = 100 : 126; point d'appui = 100 : 655; point d'application des forces = 100 : 270.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Abducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Abducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	9,1	2,0	1,16	18,32	Mêmes muscles	28,6	2,0	3,14	120,12

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 314; section physiologique relative = 100 : 100; point d'appui = 100 : 270; point d'application des forces = 100 : 655. Lorsque le point d'appui est central, la section physiologique relative des muscles du pied est plus grande que dans ceux des muscles de la main, lorsque le point d'appui est périphérique les sections physiologiques relatives sont égales, mais les surfaces d'insertion des muscles du pied sont plus grandes donc que ceux de la main.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Adducteurs[1]). (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Adducteurs. (Point d'appui en haut.)	Section physiologique absolue.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	c. c.
Grand palmaire	3,4	13,42	0,35	Long péronier latéral	8,9	47,82	1,27
1-er Radiale externe.....	2,8	5,44	0,45	Court péronier latéral.....	5,4	28,96	0,97
2-d Radiale externe.....	3,2	8,97	0,40	Péronier antérieur	1,4	6,91	0,86
	9,4	27,83	1,20		15,7	83,79	3,10
Section physiologique relative = 6,3 c. c.				Section physiologique relative = 4,2 c. c.			

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 167; des sections relatives = 100 : 66; point d'appui = 100 : 300; point d'application = 100 : 258.

Membre supérieur. Muscles de l'articulation radio-carpienne. Adducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Membre inférieur. Muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Adducteurs. (Point d'appui en bas.)	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
	c. c.	c. c.	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.	c. c.	c. c.
Mêmes muscles	9,4	2,1	1,20	27,83	Mêmes muscles	15,7	1,1	3,10	83,79

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 167; sections physiologiques

1) Flexio radialis.

relatives = 100 : 52; point d'appui = 100 : 258; point d'application des forces = 100 : 300. Les adducteurs du pied ont donc une section physiologique relative moins considérable et des surfaces d'insertion plus étendues que les muscles correspondantes de la main et cela aussi bien lorsque le point d'appui est en haut, que lorsqu'il est en bas.

Membre supérieur. Tous les muscles des doigts[1]. (Point d'appui en haut.)				Membre inférieur. Tous les muscles des orteils[2]. (Point d'appui en haut.)			
Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
51,0 c. c.	93,8 c. c.	156,29 c. c.	23,01 c. c.	70,0 c. c.	187,0 c. c.	168,0 c. c.	13,75 c. c.

Rapport des sections physiologiques absolues = 100 : 137; sections physiologiques relatives = 100 : 199; point d'appui = 100 : 107; point d'application des forces = 100 : 60. Les muscles des orteils ont donc des sections physiologiques relatives et absolues plus grandes, une surface d'appui un peu plus étendue, mais un point d'application des forces plus limité que les muscles correspondants des doigts.

Voici les chiffres qu'on obtient par la réunion des muscles du membre supérieur et du membre inférieur.

Membre supérieur. (Point d'appui en haut.)				Membre inférieur. (Point d'appui en haut.)			
Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.	Section physiologique absolue.	Section physiologique relative.	Point d'appui.	Point d'application des forces.
218,6 c. c.	36,7 c. c.	670,75 c. c.	121,64 c. c.	493,9 c. c.	27,5 c. c.	1307,22 c. c.	218,48 c. c.

Il en résulte que la section physiologique absolue est plus grande dans les muscles du membre inférieur = 100 : 225, tandis que la section physiologique relative est au contraire plus petite (100 : 74), le point d'appui (100 : 195) et le point d'application des forces (100 : 179) sont plus grands.

Les données numériques que nous venons d'exposer en détail viennent confirmer les hypothèses qu'à priori nous avions émises; elles nous permettent de poser les conclusions suivantes:

1) La plupart des muscles du membre supérieur et ceux du membre inférieur appartiennent à deux types bien distincts: dans les membres inférieurs nous trouvons principalement des

1) Poids des os des doigts = 54,3 gr.

2) Poids des os des orteils = 37,4 gr.

muscles dont l'action repose sur l'étendue de leur surface d'insertion (point d'appui et point d'application des forces); leur section physiologique relative n'étant que réduite. Dans les membres supérieurs, au contraire, nous trouvons principalement des muscles, dont l'action repose sur la valeur de leur section physiologique relative, leurs surfaces d'insertion n'étant que peu étendues.

2) Les mouvements qui nécessitent une grande dépense de force, la vitesse de mouvement étant peu considérable, sont dus à des muscles dont les surfaces d'insertion (point d'appui et point d'application des forces) sont peu étendues; la tension musculaire est en pareil cas, peu intense. Les mouvements rapides et doués d'une grande précision sont dûs à des muscles dont les surfaces d'insertion sont peu étendues, mais dont la section physiologique est considérable, par suite de leurs rapports avec les bras du levier, les muscles peuvent mieux s'adopter aux obstacles qu'ils ont à vaincre et les mouvements auxquels ils donnent lieu sont plus habiles. La tension musculaire est en pareil cas, très intense.

Voici maintenant, les résultats auxquels le Dr. Varawin a été amené par ses recherches, lesquelles, comme on va le voir, sont parfaitement d'accord avec les nôtres:

1) Les muscles des membres inférieures ont des surfaces d'insertion (p. d'appui et p. d'application des forces) plus grandes que celles des muscles correspondants du membre supérieur, lorsque leur point d'appui est périphérique (paume de la main ou doigts, plante des pieds ou orteils).

2) Pour un même muscle ou pour un groupe de muscles les chiffres qui correspondent à la section physiologique, au point d'appui et au point d'application des forcses différent peu les uns des autres, lorsque le point d'appui est central; lorsqu'au contraire, celui-ci est périphérique le chiffre qui lui correspond (le plus souvent) et celui qui correspond au point d'application des forces, ou bien les deux réunis, dépasse de beaucoup le chiffre qui correspond à la section physiologique.

3) La surface qui sert de point d'appui est surtout étendue pour les muscles qui donnent lieu aux mouvement principaux (flexion et extension). Elles le sont principalement lorsque le centre de gravité lui même se déplace considérablement dans un plan horizontal ou bien lorsque le centre de gravité deplacé revient à sa situation primitive.

4) La section physiologique relative est plus grande dans presque tous les groupes musculaires du membre supérieur.

5) Tous les mouvements qui nécessitent un déploiement de forces considérables, qui sont en même temps lents et prolongés, s'accomplisssent au moyen de muscles ayant une surface d'appui étendue; tous les mouvements rapides et précis s'accomplissent au moyen de muscles ayant une section physiologique considérable et des surfaces d'insertion (p. d'appui et point d'application des forces) peu étendues.

Il y a donc une différence capitale entre les muscles du membre supérieur et ceux du membre inférieur.

Quelle valeur cette différence a-t-elle au point de vue de l'économie des forces? Il est

clair que l'usure d'un muscle sera plus considérable s'il n'agit que par sa force contractile; l'usure sera moindre au contraire dans un muscle dont l'action repose principalement, sur l'étendue de son point d'appui et sur la longueur du bras du levier sur lequel il agit. Dans le premier cas le muscle met en jeu sa force absolue. La fatigue surviendra donc plus rapidement dans les muscles du 1er type que dans ceux du second; la plus grande perte de substance, nécessitera une réparation plus énergique, que dans le second cas. Les muscles qui entourent les articulations scapulo-humérale et coxo-fémorale présentent les mêmes différences que ceux dont nous venons de faire l'examen; prenons les adducteurs: le grand pectoral et le grand dorsal par exemple. Ces muscles ont des insertions (grand pectoral = 75,35 c. c. grand dorsale = 17,35 c. c.) étendues, il est vrai, mais les fibres de ces muscles sont longues (grand pectoral = 19,4 c., grand dorsal = 31,7 c.) et le point d'application de leur force, qui se trouve sur le bord antérieur et sur le bord postérieur de la coulisse bicipitale, est peu étendu (grand pectoral = 4,06 c. c.; grand dorsal = 2,92 c. c.) et situé dans le voisinage du point d'appui du levier qu'il faut mouvoir. Les adducteurs de la cuisse (pectiné, 1er, 2^{e}, 3^{e} adducteur) s'insèrent sur les branches du pubis et de l'ischion ainsi que sur la tubérosité de l'ischion. Dirigés en bas et en dehors, les faisceaux de ces muscles viennent s'insérer sur la lèvre interne de la ligne âpre du fémur immédiatement au dessous du petit trochanter et jusqu'au condyle interne (= 38,25 c. c.). Ici le point d'appui est relativement peu considérable, mais le point d'application des forces est étendu en même temps qu'il est situé à une grande distance du point d'appui du levier. Dans la station debout, lorsque tous ces muscles peuvent agir comme fléchisseurs (ceux qui s'insèrent en avant du centre de l'articulation coxo-fémorale) ou comme extenseurs du bassin (ceux qui appliquent leur force en arrière du même centre) ces muscles auront un point d'appui très considérable (38,25 c. c.) et le point d'application de leur force (13,64 c. c.) sera assez étendu, surtout parce que le tendon inférieur du grand adducteur se confond avec le ligament intermusculaire interne.

De même que le deltoïde, le sous-scapulaire est formé d'une série de cônes juxtaposés (7 à 9). Les muscles sus-épineux, sous-épineux et petit rond ont un tendon énorme qui descend très bas et sur lequel viennent s'insérer en rayonnant des faisceaux musculaires pliés en forme de fichu (insertion = 97,61 c. c.), section physiologique absolue = 22,3 c. c., s. phys. relative = 3,9 c. c. Tous ces muscles appliquent leurs forces sur une surface réduite en étendue (petite et grande tubérosité de l'humérus 7,65 c. c.), située tout près du point d'appui du levier. Lorsque nous appliquons notre force à un point limité par l'intermédiaire d'un baton, nous sommes dans l'impossibilité d'exprimer une force considérable, mais nous pouvons agir avec une grande adresse et une grande agilité. Les muscles correspondants de l'extrémité inférieure, à savoir: les rotateurs en dehors (le pyriforme, l'obturateur interne, les jumeaux, l'obturateur externe et le carré crural) et les portions des muscles: grand fessier, petit fessier et adductor minimus de Henle ont relativement un point d'appui plus considérable = 140,25 c. c. (circonférence externe et interne du trou obturateur, face postérieure du sacrum entre la 2^{e} et la 4^{e} fausse vertébre, épine sciatique, tuberosité

de l'ischion et espace qui les sépare), section physiologique absolue = 41,2 c. c., sect. phys. relative = 2,30 c. c.; ils appliquent leur force (13,04 c. c.) sur une surface considérable plus éloignée du point d'appui du levier (grand trochanter et la ligne supérieure qui monte vers le grand trochanter) que les muscles correspondants du membre supérieur.

Il est vrai cependant, que ceux des muscles du membre supérieur qui sont appelés à déployer une force aussi grande que possible, ont un point d'appui assez considérable et appliquent leur force sur une surface assez étendue; tels sont: les muscles pronateurs (rond pronateur et carré pronateur, ce dernier formé de deux cônes). D'autres part certains muscles du membre inférieur gagnent en agilité et en adresse, parce qu'ils ont un diamètre physiologique relativement considérable et un point d'appui relativement réduit; tels sont le long fléchisseur du gros orteil, le couturier, le droit interne. Néanmoins, nous pouvons dire qu'en règle générale les muscles du membre supérieur ont relativement un diamétre physiologique considérable et que leur point d'appui et le point d'application de leur force est relativement réduit, tandis que les muscles du membre inférieur déploient une force considérable au détriment de l'agilité et de l'adresse des mouvements produits, parcequ'ils agissent en prenant un point d'appui et en appliquant leur force sur des surfaces relativement étendues.

Nous aurions continué notre parallèle entre les muscles du membre supérieur et ceux du membre inférieur si les fonctions de ces muscles n'étaient pas encore comprises d'une façon très diverse par les différents auteurs.

Hermann Meyer[1]) par exemple, dit dans son traité que certains groupes musculaires qui agissent sur une articulation donnée n'existent pas isolément, mais que les mouvements, qu'ils produisent sont secondés par un nouveau groupe musculaire qui dans ce cas est plus superficiel, présente une masse plus grande et peut donner lieu à quelques mouvements secondaires. Il donne aux premier muscle le nom de muscles types et aux seconds le nom de muscles répétiteurs. — Comme exemple d'un muscle type, il donne le jambier postérieur et le court péronier latéral, et comme muscles répétiteurs les gastrocnémiens, le soléaire, le plantaire grèle et le long péronier latéral (p. 245).

Il ressort de la division mênu de ces deux groupes combien cette division est peu fondée. Comment peut on dire qu'un muscle plus volumineux, donnant lieu à des mouvements plus variés et disposé par conséquent sous forme d'un éventail plus grand est un muscle secondaire? Plus est grand le volume et le diamètre physiologique d'un muscle et plus son action sera accentuée et précise, comment pourra-t-on alors appeler ce muscle secondaire par rapport à un muscle dont le volume est moindre, et qui sera considéré comme type. L'exemple que choisit Hermann Meyer fait voir d'ailleurs, mieux qu'autre chose le côté artificiel de la division qu'il adopte. Comment se fait il que le jambier antérieur et le péronier antérieur puissent être fléchisseurs du pied et antagonistes des muscles jambier postérieur et court péronier latéral et des ses répétiteurs: les gastrocnémiens, soléaire, plan-

1) Anatomie. II Livre p. 176.

taire grêle et long péronier latéral, lorsque le muscle court péronier latéral et péronier antérieur s'insèrent sur un même os et du même côté? Si l'action combinée du jambier antérieur et du péronier antérieur avait pour effet d'étendre le pied sur la jambe, la voute plantaire tenderait par là même à s'effacer, parce que ces deux muscles viennent se fixer de haut en bas aux deux extrémités de l'arc qu'elle forme, ceci au détriment de sa solidité. Il est encore moins facile de comprendre comment deux muscles qui s'insèrent à la base du 5e metacarpien et au tubercule du même os et cela du même côté peuvent être antagonistes (p. 244—245). Le côté artificiel de la division proposée par Hermann Meyer est tellement évidente, qu'il n'est pas étonnant qu'elle n'ait été acceptée par aucun autre auteur.

Mais demandera-t-on quelle est la meilleure méthode qui nous permet de définir l'action des divers muscles? Les diverses parties qui servent de point d'appui à notre corps sont en rapport les unes avec les autres par des surfaces articulaires d'une forme géométrique déterminée; les mouvements qui existent dans ces articulations sont sous la dépendance des axes autour desquels les surfaces articulaires se sont formées. C'est en voyant les rapports des muscles avec ces axes et avec les leviers qui ont leur point d'appui dans les articulations, qu'on peut le mieux déterminer l'action isolée d'un muscle ou d'un groupe musculaire. Les conclusions auxquelles on arrive ainsi, peuvent être vérifiées au moyen de l'application de l'électricité. (Duchenne de Boulogne).

Prenons comme exemple une articulation simple, c'est à dire une articulation dont les surfaces articulaires se sont formées autour d'une seule axe; on obtient une surface de ce genre en faisant mouvoir autour d'une axe une ligne formatrice droite ou courbe de façon à ce que chaque point de la ligne décrive une circonférence dont le plan devra être perpendiculaire à l'axe, le centre de la circonfèrence se trouvant sur l'axe elle même. La figure ainsi obtenue sera limitée par la courbe décrite et l'os qui sera en rapport avec la surface articulaire correspondante, ne pourra se mouvoir qu'autour de l'axe qui a servi à former l'articulation. Il est clair que le mouvement ne pourra avoir lieu que si les deux extrémités de l'axe sont fixés. Les faisceaux des muscles qui font mouvoir le levier ou bien la résultante de leurs forces devra couper l'axe à angle droit: s'il le coupent en avant ils diminueront l'angle formé par les deux os et ils l'augmenteront au contraire, s'ils le coupent en arrière. On a ainsi la flexion et l'extension des membres. Si l'on considère le pied dans sa position moyenne (entre la flexion extrême et l'extension extrême), on verra que le jambier antérieur et le long péronier latéral qui partent de la surface antéro-externe du tibia glissent le long du bord du pied pour s'insérer sur sa face plantaire en formant ainsi une anse. Ces muscles enlacent le pied en avant de l'axe du mouvement; ils ne peuvent donc que produire la flexion, renforçant ainsi la voûte plantaire. Le court péronier latéral et le péronier antérieur qui appliquent également leur force en avant du même axe peuvent seconder l'action des muscles précédents; en même temps si leur force d'action dépasse celle du jambier antérieur, ils ne peuvent que porter le pied dans l'abduction.

Le m. jambier-postérieur et les muscles gastrocnémiens et soléaire qui passent derrière

l'axe horizontal ne peuvent qu'étendre le pied; en même temps le jambier postérieur porte le pied dans l'adduction et renforce la voûte plantaire dans les sens longitudinal ce qui s'explique facilement, lorsqu'on considère les rapports de ce muscle avec les muscles et les ligaments de la voûte plantaire.

Plus une articulation est compliquée et plus il est difficile d'analyser les fonctions des muscles qui l'entourent; il importe en pareil cas, de déterminer le rapport avec les axes de mouvements de l'articulation, non seulement des muscles isolés, mais aussi des groupes musculaires qui agissent suivant une résultante de leur force. Des rapports que les muscles long péronier latéral, court péronier latéral et péronier antérieur ont avec l'axe antéro-postérieur de l'articulation tibio-tarsienne, aussi bien que de ceux que le jambier antérieur et le jambier postérieur affectent avec l'axe vertical de cette même articulation il est facile de voir que ces muscles rélèvent les bords du pied et portent le pied dans l'adduction et dans l'abduction. En combinant l'action de ces muscles, nous pouvons obtenir des mouvements qui servent de transition entre différents mouvements principaux.

Nous avons analysé l'action de tous les muscles du corps humain en nous rapportant aux axes du mouvement des articulations et nous ne nous rappellons pas en avoir omis un seul.

Voici pour terminer l'exemple de deux muscles du pied dont la force active est presque égale, l'action de l'un repose sur la valeur de sa section physiologique absolue, tandis que celle de l'autre dépend de son point d'appui plus considérable. Le premier de ces muscles est le long fléchisseur du gros orteil, le second — le long fléchisseur commun des orteils. Le long fléchisseur du gros orteil prend son origine de la portion externe de la face postérieure du tibia des deux tiers inférieurs des faces postérieurs et interne du péroné et du ligament intermusculaire postérieur et va s'insérer sur la base du dernier phalange du gros orteil. Ce muscle très developpé, a une section physiologique (9,8 c. c.) considérable. Le long fléchisseur commun des orteils au contraire, prend son point d'appui sur le quart inférieur de la portion interne de la face postérieure du tibia, au dessous du poplité et en partie sur le ligament interosseux auprès du bord interne du tibia. Le tendon de ce muscle se dirige vers la plante du pied, où il reçoit le muscle accessoire du long fléchisseur qui prend son point d'appui sur la portion antérieure de la face interne de calcanéum (en même temps que du ligament calcaneo-cuboidien, calcaneo-scáphoidien et de la portion interne du ligament annulaire interne). Le tendon de ce muscle reçoit encore un faisceau tendineux venant du tendon du long fléchisseur du gros orteil. Ce muscle se termine en s'insérant sur les derniéres phalanges des quatre dernier orteils. En examénant ces muscles nous voyons qu'ils se croisent, de façon à renforcer autant que possible la voûte plantaire, lorsque les doigts sont fléchis. Lorsque nous marchons, le pied s'appui principalement sur le tubercule du calcanéum et sur le gros orteil; mais dans la station debout un troisième point d'appui situé à la base du 5-e doigt vient s'ajouter aux précédents. L'équilibre devient ainsi plus stable. Pour donner pendant la marche à notre point d'appui la position voulue, nous nous servons d'un muscle

à grande section physiologique et à surface d'appui relativement limitée. Lorsqu'au contraire nous voulons rendre notre équilibre plus stable en nous appuyant sur les quatre derniers orteils nous nous servons d'un muscle à section physiologique (7,8 c.c.) réduite et à surface d'appui étendue. Cette dernière est située entre les origines du long fléchisseur commun des orteils et le muscle accessoire de ce dernier; elle est formée encore par la voûte que le tendon du long fléchisseur du gros orteil contribue à former. Ce tendon qui fournit un fort faisceau au long fléchisseur commun des orteils est alors fortement tendu. Il est clair que le m. long fléchisseur du gros orteil se fatigue plus rapidement que le long fléchisseur commun des orteils.

Chapitre IV.

Rapports des types musculaires aux systèmes vasculaires et nerveux.

Comme nous l'avons déjà dit, la tension musculaire qui correspond à un effet donné n'est pas le même dans les muscles du 1er type, que dans ceux du second. Or, plus sera grande la tension et plus sera grande aussi l'usure, en une même unité de temps. L'usure d'autre part, nécessite l'apport d'une quantité suffisante de liquide, pouvant servir à la réparation du tissus; ce liquide d'ailleurs, devra circuler, sous une pression appropriée. En partant de ce point de vue tout théorique nous avons engagé le Dr. Nikiforoff de faire une étude comparative du membre supérieur et du membre inférieur, au point de vue du calibre des vaisseaux et de l'épaisseur des parois vasculaires. Voici les résultats qu'a donné cette étude (le poids est calculé en gramme et le calibre en m. mtres).

Age Sexe.	Poids des membres supérieur.	Calibre des vaisseaux huméraux.	Calibre des artères pour 100 gr. d'os du membre supérieur.	Poids des membres inférieurs.	Calibre des vaisseaux fémoraux.	Calibre des artères pour 100 gr. d'os du membre inférieur.
Nouveau-né	309	9,5	3,07	534	10,7	2,01
12 ans h.	1716	18,5	1,07	5486	26,5	0,48
12 » »	2274	20,5	0,90	7250	26	0,35
14 » »	2380	22,5	0,94	8392	26,5	0,31
15 » »	2596	22	0,84	9040	26	0,28
18 » »	2754	23,5	0,85	7672	27,5	0,35
19 » »	3432	26,5	0,77	10116	31,5	0,31
20 » »	4278	26,5	0,61	11452	37	0,32
35 » f.	3910	22,5	0,57	12690	32,5	0,25
37 » »	2802	24	0,85	7362	37	0,50
60 » h.	4148	32,5	0,78	12560	46	0,36
70 » »	4896	35	0,71	14416	52	0,36

Ce tableau nous permet de voir que[1]): le rapport du calibre des vaisseaux huméraux avec le poids du membre supérieur dépasse 2 à 3 fois le rapport du calibre des vaisseaux fémoraux avec le poids du membre inférieur. Cette différence s'explique vu les fonctions plus variées et la tension plus grande sous laquelle les muscles du membre supérieur travaillent (en vertu de l'exédent de leur section physiologique). Cette dernière nécessitant un apport de sang plus considérable dans le membre supérieur que dans le membre inférieur.

L'épaisseur des parois vasculaires (déterminé par leur poids) prise par rapport au calibre des mêmes vaisseaux est souvent plus grande dans le membre supérieur que dans le membre inférieur (poids moyen d'un c. carré du parois des vaisseaux huméraux pris par rapport au calibre de 100 artères).

Age.	Artère humérale.		Artère fémorale.	
	Droite.	Gauche.	Droite.	Gauche.
Nouveau-né	1150	1125	1000	1000
»	1000	1040	763	818
»	1200	1000	940	909
»	1000	960	850	833
3 ans f.	763	750	800	814
7 h.	600	642	620	600
12 » »	733	714	800	742
12 » »	658	500	560	571
12 » »	450	466	607	592
14 » »	433	500	600	548
15 » »	445	527	555	560
18 » »	516	539	711	642
19 » »	407	384	587	567
19 » »	413	457	606	587
20 » »	461	429	516	484
35 » »	516	580	500	548
37 » f.	541	541	405	405
46 » h.	500	516	560	533
60 » »	823	774	863	666 scler. art.

Le poids relatif (par rapport aux calibres des vaisseaux) des vaisseaux huméraux dépasse ou est égale dans presque la moitié des cas celui des vaisseaux fémoraux. Mais si l'on

1) Dr. Nikiforoff. Des rapports du calibre des artères avec le poids et le volume des divers organes et des diverses parties du corps. St.-Pétersbourg, 1883, p. 42

prend le rapport des poids absolu de ces vaisseaux (1 cent. carré d'une paroi vasculaire) avec le poids de l'extrémité qu'il nourrit la supériorité est entièrement du côté du membre supérieur, comme on le voit par les chiffres suivants:

A g e.	Artère humérale.	Artère fémorale.
Nouveaux-né	42,5	28
»	33	13,5
»	31	15,5
»	24,5	16
12 ans h.	6,1	2,5
12 » »	4,1	2,1
14 » »	4,4	1,8
15 » »	4,1	1,6
18 » »	4,5	2,4
19 » »	3	1,8
20 » »	2,7	1,6
35 » f.	3,1	1,3
37 » f.	4,6	2,3
60 » h.	6,2	2,8

Il est donc évident que le membre supérieur est dans des conditions plus favorables que le membre inférieur, quant à l'apport du liquide nutritif; ceci est du, à la fois, au calibre plus grand de ses vaisseaux et à l'épaisseur plus grande des parois vasculaires.

Des recherches ultérieures devront montrer qu'une loi rigoureuse regit le rapport qui existe entre le calibre du vaisseau afférent et l'épaisseur de ces parois d'une part et l'activité du muscle (quelle qu'en soit le type) de l'organe ou du tissu qu'il dessert, d'autre part. Jusqu'ici, les artères des membres et celles des organes internes ont seules été étudiées à ce point de vue: quant au muscles de l'oeil et de la face, muscles types, par excellence, leur étude n'a point été faite, encore.

Voyons maintenant, si en dehors de leur rapport avec le bras de levier, les muscles ne présentent pas d'autres arrangements qui leur permettent de donner lieu à des mouvements remarquables par leur précision et d'agir par des faisceaux isolés.

Kühne[1], Tergast[2]), ont montré que les rapports des tubes nerveux avec les faisceaux musculaires sont variables. Bien que chaque faisceau primitif musculaire reçoive une terminaison nerveuse, celle-ci ne peut être que la portion d'un même tube nerveux. Tergast

1) Peripherische Endorgane der Motorischen Nerven. Leipzig.

2) Ueber das Verhältniss vom Nerve und Muskel. Archiv f. microscopische Anatomie, herausgegeben von Max Schultze, IX Bd., 1. Heft. Bonn 1872, p. 26—46.

a trouvé (en comptant alternativement les tubes nerveux et les faisceaux musculaires) que dans les muscles des yeux le rapport des tubes nerveux avec les faisceaux primitifs musculaires est en moyenne comme 1 : 10, quelquefois comme 1 à 3. Dans les membres, il a trouvé pour le biceps du chien = 1 : 83 et: 125 etc.

Le Dr. J. Voichvillo a cherché ce rapport, sur mon initiative, dans les muscles des yeux et dans ceux des membres supérieurs et inférieurs. Il a cherché aussi le rapport du nombre des tubes nerveux des mêmes membres avec l'étendue de leur surface cutanée. Voici la méthode que je lui conseillai: on prend un morceau, mesurant un centimètre d'un tube nerveux (moteur, sensitif ou sympathique) allant à un muscle ou à un groupe de muscles on en détermine exactement le poids sur une balance chimique et on compte le nombre de tubes qu'il contient. On prend ensuite la section transverse du muscle correspondant et on compte le nombre de faisceaux musculaires primitifs, qu'il contient. Pour mesurer l'étendue de la surface cutanée des membres on se servait de la méthode Mech[1]) et Putiloff[2]), qui est la suivante: prendre un papier fin huilé qu'on applique sur la surface en question, calquer ensuite sur un autre papier divisé en centimètres et millimètres. Les régions appartenant aux différents nerfs sont separées les unes des autres par les lignes de Voit. La section transverse d'un muscle exprimée en c. et m. m. carrés s'obtient en déterminant le volume du muscle en question et en divisant ce volume par un chiffre qui correspond à la longueur moyenne de ces faisceaux. C'est par le calcul enfin, qu'on détermine le rapport entre le nombre de tubes nerveux et l'étendue de la surface cutanée entre le nombre des tubes nerveux et celui des faisceaux primitifs musculaires.

Voici quels sont les résultats obtenus ainsi par le docteur Voichvillo[3]): pour les muscles de l'oeil le rapport des tubes nerveux avec les faisceaux musculaires est en moyenne de 1 : 14,9 où 1 : 18,9 et pour les muscles des membres il est de 1 : 111,9 ou 1 : 182,2. Les premiers contiennent donc de 7,7 à 9,8 fois plus de tubes nerveux que les derniers. Les muscles animés par le nerf cubital reçoivent des tubes nerveux dans la proportion de 1 : 235,9 et pour les muscles animés par le nerf obturateur cette proportion sera de 1 : 315,3. Il en résulte que les muscles de l'oeil reçoivent 12,4 à 15,8 fois plus de tubes nerveux que les muscles du membre supérieur et 19,8 à 25,1 fois plus que les muscles du membre inférieur. Les muscles animés par le nerf tibial reçoivent des tubes nerveux dans la proportion de 1 : 428,8 et les muscles gastrocnémiens, le soléaire et le plantaire grèle cette proportion n'est que de 1 : 2273. Donc les muscles de l'oeil ont 22,6 à 28,7 fois autant de tubes nerveux que les muscles animés par le nerf tibial et 152,2 fois autant que les gastrocnémiens, le soléaire et le plantaire grèle. Pour le couturier, muscle destiné à déployer une certaine habileté, la même proportion sera = 1 : 15,7. Des recherches ultérieuses viendront certaine-

1) V. Schmidt's Jahrb. Bd. 192. 1881.

2) Matériaux pouvant servir à l'étude de l'étendue des surfaces des différentes parties du corps humain. St.-Pétersbourg. 1881.

3) Contribution à l'étude du calibre des tubes nerveux par rapport à l'étendue de la surface cutanée et aux muscles des membres. St.-Pétersbourg. 1883. p. 52—53.

ment vérifier les lois relativement au rapport qui existe entre le type auquel appartient un muscle et le nombre de tubes nerveux qu'il contient.

Il est clair que plus un muscle contient de tubes nerveux par rapport à ses faisceaux primitifs et plus les mouvements pourront être isolés, plus ils seront précis et mieux il pourront s'adopter aux obstacles qui seront à vaincre. Dans le cas contraire, les muscles ne pourront agir que par la réunion d'un grand nombre de faisceaux, la force degagée sera en pareil cas plus considérable mais elle le sera au détriment de l'habilité.

En resumé, les recherches de M-rs Nikiforoff, Voichvillo sont venues confirmer les hypothès que j'avais émises à priori de même que les recherches de M. Varavin; leurs conclusions sont conformes à celles auxquelles j'ai été amené en étudiant la forme des surfaces articulaires, et l'influence de celle-ci sur les mouvements qui existent dans l'articulation ainsi que sur leurs rapports avec les muscles. Ces recherches confirment d'une façon plus ou moins directe l'existence dans l'économie de deux types de muscles.

Voici quelles sont les conclusions que nous sommes libres de poser aujourd'hui:

1) La force active d'un muscle est d'autant plus grande que sa section physiologique relative est plus considérable et que ses surfaces d'insertion (point d'appui et application des forces) sont plus étendues; elle dépend également des rapports des muscles avec le levier qu'il fait mouvoir.

2) Un muscle déterminera des mouvements d'autant plus précis et d'autant plus agiles, que ses surfaces d'insertions seront réduites et que le point d'application de ces forces sera rapproché du point d'appui du levier sur lequel il agit; dans les conditions inverses il exprimera une force plus considérable.

3) Les muscles se fatiguent d'autant plus rapidement, que leur section physiologique absolue est plus considérable et que leurs surfaces d'insertion sont au contraire réduites. La reciproque est vraie également.

4) L'action des muscles du membre supérieur repose principalement sur la valeur de leur section physiologique relative, les surfaces d'insertion de ces muscles n'étant que réduites. Voilà pourquoi, ils se fatiguent plus rapidement que ceux du membre inférieur.

5) L'action des muscles du membre inférieur repose primitivement sur l'étendue de leurs surfaces d'insertion, leur section physiologique n'étant que peu considérable. Voilà pourquoi, ils ne se fatiguent pas aussi rapidement, que ceux du membre supérieur.

6) La fonction d'un muscle dépend de l'angle qu'il forme avec l'axe autour de laquelle se produit le mouvement qu'il détermine et de ses rapports avec le levier, sur lequel il agit.

7) Les caractères des muscles de deux types sont surtout accentués: dans les muscles des yeux et de la face qui donnent lieu à des mouvements dont la précision est tout-à-fait remarquable; comme muscle pouvant exprimer une force surtout considérable, nous citerons les muscles qui étendent le tronc, le pied et la cuisse, surtout lorsque le point d'appui est transporté en bas.

Ouvrages publiés dans la VII. Série des Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences par rapport aux animaux vertebrés:

T. IV, № 7. **Strauch, A.** Essai d'une Erpétologie de l'Algérie. 1862. Pr. 70 K. = 2 Mk. 30 Pf.

T. V, № 7. **Strauch, A.** Chelonologische Studien, mit besonderer Beziehung auf die Schildkrötensammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. 1862. Mit 1 chromo-lith. Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. VII, № 4. **Marcusen, J.** Die Familie der Mormyren. Eine anatomisch - zoologische Abhandlung. 1864. Mit 5 Taf. Pr. 1 R. 70 K. = 5 Mk. 70 Pf.

T. VIII, № 4. **Brandt, J. F.** Observationes de Elasmotherii reliquiis. 1864. Cum tabulis quinque. Pr. 75 K. = 2 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Owsjannikow, Ph.** Ueber das Gehörorgan von Petromyzon fluviatilis. 1864. Mit 2 Taf. Pr. 40 K.= 1 Mk. 30 Pf.

№ 13. **Strauch, A.** Die Vertheilung der Schildkröten über den Erdball. Ein zoogeographischer Versuch. 1865. Pr. 1 R. 60 K. = 5 Mk. 40 Pf.

T. IX, № 3. **Brandt, J. F.** Bemerkungen über die Classification der kaltblütigen Rückenmarksthiere zur Beantwortung der Frage, was ist ein Fisch? 1865. Pr. 30 K. = 1 Mk.

T. X, № 13. **Strauch, A.** Synopsis der gegenwärtig lebenden Crocodiliden, nebst Bemerkungen über die im zoologischen Museum der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vorhandenen Repräsentanten dieser Familie. 1866. Mit 1 lith. Taf. und 1 Karte. Pr. 1 R. 15 K. = 3 Mk. 80 Pf.

T. XI, № 4. **Kowalewsky, A.** Entwickelungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus. 1867. Mit 3 lith. Taf. Pr. 45 K.= 1 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Claudius, M.** Das Gehörorgan von Rhytina Stelleri. 1867. Mit 2 lithographirten Tafeln. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XII, № 1. **Brandt, J. F.** Symbolae Sirenoligicae. Fasciculus II et III. Sireniorum, Pachydermatum, Zeuglodontum et Cetaceorum ordinis osteologia comparata, nec non Sireniorum generum monographiae. 1861—1868. Cum tabulis IX lith. Pr. 3 R. 85 K. = 14 Mk. 80 Pf.

T. XIV, № 1. **Brandt, J. F.** De Dinotheriorum genere Elephantidorum familiae adjungendo nec non de Elephantidorum generum craniologia comparata. 1869. Pr. 35 Kop. = 1 Mk. 20 Pf.

№ 2. **Brandt, J. F.** Untersuchungen über die Gattung der Klippschliefer (Hyrax Herm.) besonders in anatomischer und verwandtschaftlicher Beziehung, nebst Bemerkungen über ihre Verbreitung und Lebensweise. 1869. Mit 3 lith. Taf. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

№ 3. **Zawarykin, Th.** Verlauf der Chylusbahnen im Dünndarme. 1869. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 30 K.=1 Mk.

№ 6. **Strauch, A.** Synopsis der Viperiden, nebst Bemerkungen über die geographische Verbreitung dieser Giftschlangen-Familie. 1869. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 1 R. 35 K. = 4 Mk. 50 Pf.

T. XVI, № 4. **Strauch, A.** Revision der Salamandriden-Gattungen, nebst Beschreibung einiger neuen oder weniger bekannten Arten dieser Familie. 1870. Mit 2 Kupfertaf. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

№ 5. **Brandt, J. F.** Beiträge zur Naturgeschichte des Elens in Bezug auf seine morphologischen und paläontologischen Verhältnisse, so wie seine geographische Verbreitung, nebst Bemerkungen über die miocäne Flora und Insectenfauna des Hochnordens. 1870. Mit 3 lith. Taf. Pr. 1 R. 5 K. = 3 Mk. 50 Pf.

№ 7. **Spiro.** Physiologisch-topographische Untersuchungen am Rückenmark des Frosches. 1870. Mit 1 Kupfertaf. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XVII, № 7. **Brandt, A.** Ueber die Haut der nordischen Seekuh (Rhytina borealis Illig.). 1871. Mit einer Tafel. Pr. 35 K. = 1 Mk. 20 Pf.

T. XIX, № 7. **Stieda, L.** Studien über den Amphioxus lanceolatus. 1873. Mit 4 Taf. Abbildungen. Pr. 95 K. = 3 Mk. 20 Pf.

T. XX, № 1. **Brandt, J. F.** Untersuchungen über die fossilen und subfossilen Cetaceen Europa's. 1873. Mit 34 Tafeln. Pr. 5 R. 95 K. = 19 Mk. 80 Pf.

№ 5. **Kowalewsky, W.** Sur l'Anchitherium aurelianense Cuv. et sur l'histoire paléontologique des chevaux. Première partie. 1873. Avec 3 planches. Pr. 90 K. = 3 Mk.

T. XXI, № 4. **Strauch, A.** Die Schlangen des Russischen Reichs, in systematischer und zoogeographischer Beziehung geschildert. 1873. Mit 6 Kupfertafeln. Pr. 2 R. 75 K. = 9 Mk. 20 Pf.

№ 6. **Brandt, J. F.** Ergänzungen zu den fossilen Cetaceen Europa's. 1874. Mit 5 Tafeln. Pr. 95 K. = 3 Mk. 20 Pf.

T. XXII, № 1. **Boettcher, A.** Neue Untersuchungen über die rothen Blutkörperchen. 1876. Mit 2 Taf. Pr. 60 K.= 2 Mk.

T. XXIV, № 4. **Brandt, J. F.** Versuch einer Monographie der tichorhinen Nashörner, nebst Bemerkungen über Rhinoceros leptorhinus Cuv. u. s. w. 1877. Durch XI Tafeln erläutert. Pr. 2 R. 10 K. = 7 Mk.

T. XXVI, № 5. **Brandt, J. F.** Tentamen synopseos Rhinocerotidum viventium et fossilium. 1878. Avec 1 pl. Pr. 65 K.= 2 Mk. 20 Pf.

№ 6. **Brandt, J. F.** Mittheilungen über die Gattung Elasmotherium, besonders den Schädelbau derselben 1878. Mit 6 lithographirten Tafeln. Pr. 90 K. = 3 Mk.

№ 11. **Owsjannikow, Ph.** Ueber die Rinde des Grosshirns beim Delphin und einigen anderen Wirbelthieren, nebst einigen Bemerkungen über die Structur des Kleinhirns. 1879. Avec 1 pl. Pr. 30 K.= 1 Mk.

T. XXVII, № 7. **Schrenck, L. v.** Der erste Fund einer Leiche von Rhinoceros Merckii Jaeg. 1880. Mit 3 phototypischen Tafeln. Pr. 1 R. 30 K. = 4 Mk. 30 Pf.

№ 13. **Dansky, J. u. Kostenitsch, J.** Ueber die Entwickelungsgeschichte der Keimblätter und des Wolff'schen Ganges im Hühnerei. 1880. Mit 2 Taf. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

№ 14. **Meyer, E.** Die Spermatogenese bei den Säugethieren. 1880. Mit 2 Taf. Pr. 40 K. = 1 Mk. 30 Pf.

T. XXVIII, № 9. **Tarenetzky, A.** Beiträge zur Anatomie des Darmkanals 1881. Pr. 50 K. = 1 Mk. 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Octobre, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences. (Wass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME XXXII, N° 13.

BEITRÄGE
ZUR
CRANIOLOGIE DER GROSSRUSSISCHEN BEVÖLKERUNG
DER
NÖRDLICHEN UND MITTLEREN GOUVERNEMENTS
DES
EUROPÄISCHEN RUSSLANDS.

VON
Prosektor A. Tarenetzky.

(*Der Akademie vorgelegt am 28. August 1884.*)

118

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mrk. 30 Pf..

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 13.

BEITRÄGE
ZUR
CRANIOLOGIE DER GROSSRUSSISCHEN BEVÖLKERUNG
DER
NÖRDLICHEN UND MITTLEREN GOUVERNEMENTS
DES
EUROPÄISCHEN RUSSLANDS.

VON
Prosektor A. Tarenetzky.

(*Der Akademie vorgelegt am 28. August 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1884.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 70 Kop. = 2 Mrk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Décembre, 1884. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Die russische craniologische Literatur, welche sich mit der jetzt lebenden slavischen Bevölkerung des europäischen Russlands beschäftigt, ist eine verhältnissmässig arme zu nennen. Während durch die eifrigen Bemühungen der moskauer naturforschenden Gesellschaft und unter der Zahl ihrer Mitglieder durch A. Bogdanoff in erster Reihe der Schädelbau der längstverschwundenen Bevölkernng, besonders der mittleren Provinzen Russlands aus der sogenannten Kurganperiode genügend erforscht ist, besteht unsere craniologische Kenntniss der heute existirenden Stämme russischer Nationalität nur aus vereinzelten und an Material armen Beobachtungen. Ein Hauptmangel, welcher ohne Ausnahme allen sich mit der heutigen Bevölkerung beschäftigenden Arbeiten anhaftet, besteht darin, dass die Angaben über den Wohnort und die Herkunft der betreffenden Subjecte entweder vollständig fehlen oder wenigstens ungemein mangelhaft sind und dass im letzteren Falle die Schädel aus den verschiedensten Gegenden des ungeheuren Reichs derart zusammengewürfelt sind, dass feste Schlüsse über die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen slavischen Stämme, deren Grund und Ursache doch schliesslich in deren geographicher Verbreitung zu suchen ist, zur reinen Unmöglichkeit werden. Die einzelnen Stämme slavischer Nation, welche sich, allmälig von Süden nach Norden vordringend, über Russland verbreiteten, fanden eine verschiedenartige autochtone Bevölkerung schon vor. Im Laufe der Zeit verschmolzen die Slaven entweder mit diesen Ureinwohnern vollständig, dieselben vermöge ihrer numerischen und geistigen Ueberlegenheit assimilirend, oder beide Elemente, das schon ansässige und das neu hinzugekommene, leben noch jetzt friedlich neben einander. Auch in historischer Zeit wechselte die Völkerbewegung des europäischen Russlands noch vielemale — im Norden durch das Auftreten neuer Stämme aus Skandinavien und vom Ural, im Süden und Osten durch die Eroberungszüge mongolischer und tatarischer Völker. Alle diese Umwälzungen mussten ihre Spuren an der slavischen Bevölkerung hinterlassen; diese Spuren zu finden, das Reine von dem Fremden zu trennen, den reinen slavischen Typus zu bestimmen und zugleich die Grenzen zu ziehen, in welchen derselbe normal schwanken kann, ist eine der

Hauptaufgaben der russischen Anthropologie und Ethnologie. Die Aufgabe ist die gleiche speciell für die Craniologie, ohne authentische Angaben der Herkunft und des Wohnsitzes der untersuchten Subjecte sind sämmtliche Messungen und Beschreibungen werthlos, ebenso zweifelhaft wird ihr Werth, wenn die Schädel aus den entferntesten Gegenden und noch dazu in vereinzelten Exemplaren zusammengeworfen werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschliesslich mit der Craniologie der Grossrussen aus den nördlichen und mittleren Provinzen, die gewaltige Ländermasse vom 68sten bis 56sten Breitengrad umfassend. Als Material diente eine durch die Bemühungen von Professor Gruber an der medico-chirurgischen Akademie im Verlaufe von dreissig Jahren angelegte und erweiterte Collektion von circa 600 Schädeln russischer Nationalität, meistentheils der alljährlich nach St. Petersburg strömenden Arbeiterbevölkerung angehörig. Die Aechtheit der Schädel ist keinem Zweifel unterworfen, bei allen ist der Vor- und Zuname, Geschlecht und Alter, Confession und Wohnort bekannt. Als Wohnort ist das Gouvernement, bei vielen noch der Kreis und die Dorfschaft bezeichnet. Für die Eintheilung der Schädel wurde von mir die administrative Theilung des europäischen Russlands in einzelne Gouvernements und Kreise benutzt. Dieselbe ist auf jeden Fall diejenige, welche mit den wenigsten Schwierigkeiten verbunden ist, ein Nachtheil derselben besteht darin, dass die grossrussische Bevölkerung der einzelnen, benachbarten Gouvernements jedenfalls sich wenig oder gar nicht unterscheidet und ziemlich den gleichen Bedingungen der Lebensart und Vermischung mit fremden Stämmen unterworfen ist. Eine geographische Theilung wäre naturgemässer, sie ist jedoch eben wegen der Mischung der Bevölkerung und wegen des Mangels fester historischer Grenzen unmöglich. In dieser Beziehung bin ich dem Beispiele von A. Bogdanoff gefolgt, welcher als Grundprincip seiner Beschreibung der Kurgane des Moskauer Gouvernements ebenfalls die administrative Theilung annahm. Untersucht wurden von mir im Ganzen 184 Schädel, als Minimum für das einzelne Gouvernement circa 15, nicht etwa, weil ich diese Zahl für vollständig ausreichend halte, sondern weil für manche Provinzen nur eine solche Quantität tauglicher Schädel vorhanden war. Ausgeschlossen wurden zu junge, pathologische und durch frühzeitige Nathsynostose unregelmässige Schädel. War das vorhandene Material des Gouvernements ausreichend, so wurden die Schädel genommen ohne jede Wahl. Die geringe Zahl weiblicher Schädel war durch die Nothwendigkeit geboten.

In die unten folgenden Angaben der sich mit der Craniologie russischer Schädel beschäftigenden Literatur habe ich auch diejenigen Arbeiten aufgenommen, welche die Data über den Schädelbau der Stämme des mittleren Russlands aus der Steinzeit, der Kurganperiode und anderer vorhistorischen Perioden enthalten. Mein Zweck war hierbei sowohl das ohnedies nicht zahlreiche Material für die Vergleichung zu vermehren, als auch um die Möglichkeit zu haben, eine Parallele zwischen sonst und jetzt ziehen zu können.

Wenn man von der auf die Untersuchung eines einzigen Schädels basirenden Angabe und Definition Blumenbach's absieht, so findet sich die erste Beschreibung und Messung

russischer Schädel bei J. van der Höven[1]). Derselbe untersuchte 15 Schädel russischer Nationalität, wobei jede Angaben über Wohnort, Alter und Geschlecht fehlen. Sämmtliche Schädel zeichneten sich durch ihre runde Form (*Forma ovato-rotundata*) aus. Ein Jahr später beschrieb A. Retzius[2]) zwei russische Schädel, wovon der eine aus einem Grabe auf Spitzbergen stammte, der andere aber nur als Gypsabguss aus der Sammlung von Dr. Spurzheim vorhanden war, jede anderen Data fehlen. v. Bär[3]) besass ein Material von 30 russischen Schädeln, ebenfalls ohne jede specielle Bestimmung, einen Theil der Schädel erhielt er aus der medico-chirurgischen Akademie von Professor Gruber. Im Jahre 1861 beschrieb Kopernitzky[4]) zwanzig männliche Grossrussenschädel, welche Soldaten aus dem zur Vertheidigung Sewastopol's zusammengerufenen Landsturm angehörten. Geburtsort und Name waren bekannt, die Personen stammten aus den Gouvernements Moskau, Kaluga, Wladimir, Nischny-Nowgorod und anderen; Messungen für jeden einzelnen Schädel sind nicht angegeben. Welker[5]) besass zu seinen Untersuchungen 22 Grossrussenschädel, alle männlich, aber ohne Angabe des Wohnsitzes. Landzert[6]) giebt die Messung und Beschreibung von 40 Grossrussenschädeln, alle männlich, aus den Gouvernements Pskow, Nowgorod, Twer, Jaroslaw und Moskau. Der grösste Theil der Schädel stammt aus dem Institute für praktische Anatomie an der medico-chirurgischen Akademie; in der beigegebenen Tabelle ist für die einzelnen Schädel das Gouvernement nicht bezeichnet, ebenso fehlt die Angabe des Alters. Bogdanoff's[7]) Arbeit über die Anthropologie der Kurganenperiode des Gouvernements Moskau enthält die specielle Beschreibung und Messung von 152 Schädeln (83 männlichen und 69 weiblichen) aus 9 Kreisen des Gouvernements; leider war fast die Hälfte der Schädel theilweise defekt. Protzenko[8]) hatte die Möglichkeit 34 Grossrussenschädel (32 männliche und 2 weibliche) zu untersuchen, 20 davon sind schon von Kopernitzky beschrieben. Bei den 14 neuhinzugekommenen ist bei 13 das Alter angegeben, die Bezeichnung des Wohnorts fehlt bei allen. Ihering[9]) benutzte zur Bestimmung seines Profilwinkels 22 Russenschädel, jede näheren Angaben fehlen. Wolkenstein[10]) führt in seiner

1) J. van der Höven. Ueber die Schädel slavonischer Völker. Müller's Archiv für Anatomie etc. 1844. p. 432.

2) A. Retzius. Ueber die Schädelform der Nordbewohner. Müller's Archiv für Anatomie etc. 1845. p. 85.

3) v. Bär. Nachrichten über die ethnographische und craniologische Sammlung der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg. — Bulletin de la classe physico-mathématique. tom. XVII. 1859. p. 177.

4) Коперницкаго. Предварительныя свѣдѣнія о краніологическихъ изслѣдованіяхъ надъ строеніемъ славянскихъ череповъ. Университетскія извѣстія. Кіевъ 1861. p. 84.

5) Welker. Craniologische Mittheilungen. — Archiv für Anthropologie. tom. 1. 1866. p. 135.

6) Landzert, Th. Beiträge zur Kenntniss des Grossrussenschädels.—Abhandlungen der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft. tom. VI. Frankfurt 1866—67. p. 167.

7) А. Богданова. Матеріалы для антропологіи курганнаго періода въ Московской губерніи. — Извѣстія общества любителей естествознанія при Московскомъ Университетѣ. tom. IV, вып. I. Москва 1867.

8) Проценко. Антропологическіе этюды. Записки общества естествоиспытателей. tom. II. Кіевъ 1872. p. 128.

9) v. Ihering. Ueber das Wesen der Prognathie. — Archiv für Anthropologie. 1872. p. 402.

10) Wolkenstein, A. Recherches antropologiques sur d'anciens cimetières du Waldai nommés «Jalnikis». Moscou 1873.

Arbeit über die Grabhügel des Kreises Waldai, Gouvernement Nowgorod, die Messungen von 21 Schädeln (13 männlichen und 8 weiblichen) an, dieselben waren im Alter von 24—55 Jahren, die Schädel gehören ungefähr dem XI. Jahrhundert an. Malieff[1]) hatte die Möglichkeit für seine Arbeit über vergleichende Anthropologie ein ziemlich umfangreiches Material russischer Schädel zu Messungen zu verwenden, nämlich 55 russische männliche Schädel, von denen Namen und Alter bekannt waren, ausserdem 6 ebenfalls bekannte weibliche Schädel. Von demselben Autor wurden noch gemessen: 59 unbestimmte Schädel und 62 aus der Sammlung von Professor Kowalewsky. Trotzdem die ersten 61 Schädel dem Verfasser bekannt waren, nimmt er doch nirgends auf den Wohnort irgend welche Rücksicht, derselbe ist unter den 55 männlichen Schädeln nur bei 20 angeführt, unter den 6 weiblichen nur bei 2. Diese letzteren 22 Schädel stammten aus folgenden Gouvernements: Wjatka 7, Ssimbirsk 2, Tomsk 1, Orloff 1, Ssaratow 1, Jarosslaw 1, Podolsk 1, Kasan 5, Perm 2, Ssamara 1. Tschugunoff[2]) bringt in seiner Untersuchung über die Bedeutung des Höhen-Breitenindex Resultate aus den Messungen von 18 russischen Schädeln aus dem XVII. Jahrhundert, 13 aus dem XVIII. und 9 aus dem XIX. Jahrhundert; die Hauptzahl dieser Schädel stammt aus Kirchhöfen der Stadt Ssimbirsk, alle näheren Angaben über Alter, Geschlecht etc. fehlen. In der Beschreibung der Moskauer anthropologischen Ausstellung finden sich Messungen von A. Bogdanoff[3]) in Bezug von 11 Schädeln (5 männlichen und 5 weiblichen) aus den Jugnoffschen Kurganen des Gouvernements Smolensk, jedenfalls ist es noch zweifelhaft, ob diese Schädel zu den russischen zu rechnen sind. Die *Crania ethnica* von de Quatrefages und J. Hamy[4]) enthalten die Hauptzahlen einer Messung von 8 Grossrussenschädeln, jedoch ohne Angabe von Alter und Geschlecht, die Schädel stammten aus Moskau, Riga, Jekaterinenburg und Archangelsk. In demselben Jahre beschreibt A. Bogdanoff[5]) 10 Schädel (darunter 5 männliche, 3 zweifelhaft weibliche und 2 weibliche) aus der Steinzeit, welche von Professor Inostranzeff in der Nähe des Ladogasees an der Mündung des Flusses Wolchow ausgegraben waren. Ueber die Abstammung dieser 10 Schädel können natürlich nur Vermuthungen herrschen, wobei dieselben zu den Slaven zu rechnen, ebensoviel für als wider sich hat. Die neuesten Data über russische Schädel finden sich in dem Artikel von Malieff[6]), welcher 25 Schädel reiferen Alters (40—60 Jahre) aus einem Kirchhofe in Kasan zur Messung benutzte. Sämmtliche Schädel stammten aus dem XVII. und XVIII. Jahrhundert und wurden in der Nähe der Kirche selbst ausgegraben. Der Verfasser

1) Маліевъ, Н. Къ ученію о строеніи черепа и къ сравнительной анатоміи рассъ. — Труды общества естествоиспытателей при Казанскомъ Университетѣ. tom. IV № 2. Казань 1874.

2) Чугуновъ, С. Значеніе вышины черепа къ ширинѣ. — Труды общества естествоиспытателей при Казанскомъ Университетѣ. tom. VII, вып. 5. Казань 1878.

3) Богдановъ, А. Антропологическая выставка. — tom. II, вып. I и II. Москва 1878. p. 38.

4) de Quatrefages et J. Hamy. Crania ethnica. Paris 1882. p. 492.

5) Богдановъ, А. Человѣкъ каменнаго вѣка. — Доисторическій человѣкъ каменнаго вѣка побережья Ладожскаго озера Иностранцева. С.-Петербургъ 1882. p. 92.

6) Маліевъ, Н. О строеніи русскаго черепа. Врачъ 1882. № 49. p. 825.

schliesst auf Grund letzteren Umstandes, dass diese Schädel Leuten aus der intelligenten Klasse, besonders Kaufleuten angehörten. Bedenkt man aber, dass die bemittelte und intelligente Klasse der Bevölkerung von Kasan von jeher eine ungemein gemischte war, wobei das tatarische Element ein sehr zahlreiches Contingent lieferte und dass das Begrabenwerden in der Nähe einer russischen Kirche bei dem bekannten Glaubenseifer von Neophyten z. B. von Tataren, durchaus nicht den Schluss auf die rein russische Abstammung der gefundenen Schädel gestattet, so kann ich nicht umhin, eben in dieser Hinsicht einige leise Zweifel in Bezug auf die Aechtheit der Schädel auszusprechen. Ausser in der schon citirten Arbeit von Prozenko finden sich einige Angaben über kleinrussische Schädel bei Emme[1]), dieselben sind an 41 lebenden Bewohnern des Kreises Kobeljansk, Gouvernement Poltawa erhalten. Mit ebensolchen Schädeln, aber einer sehr frühen Periode des Auftretens slavischer Völker in Russland angehörend, beschäftigen sich die Mittheilungen von A. Bogdanoff[2]) über in Kiew ausgegrabene Schädel.

Beim Ueberblick der eben angeführten Literatur fällt die Armuth der Angaben über die Herkunft der untersuchten russischen Schädel in die Augen; sieht man von den Schädeln aus früheren Perioden ab, so ist in Bezug auf die jetztlebende Generation nur von Malieff bei 20 männlichen und 2 weiblichen Schädeln der Wohnort des Individuum speciell angegeben. Alle übrigen Autoren begnügen sich damit, die verschiedenen Gouvernements, aus denen die Schädel stammten, nur im Allgemeinen anzugeben. Dass eine solche Beziehung zum vorliegenden Material jede Möglichkeit nimmt feste Schlüsse zu ziehen, glaube ich nicht nöthig zu haben weiter auseinanderzusetzen; ich halte die Literatur, welche sich begnügt den Schädel ohne Angaben von Alter, Geschlecht und Herkunft, nur einfach als einen russischen zu bezeichnen, für völlig werthlos.

Bevor ich zur speciellen Beschreibung des von mir untersuchten Materials übergehe, erlaube ich mir einige Worte über die Art und Weise der Untersuchung und über die Bedeutung und den Werth der in den Tabellen angegebenen Zahlen und Benennungen.

Sämmtliche von mir untersuchte Schädel waren völlig intakt, mit Ausnahme von drei Schädeln aus dem Kreise Waldai, Gouvernement Nowgorod; aus der Zahl dieser letzteren fehlte bei dem einen der Unterkiefer vollständig, bei den beiden anderen war er derart beschädigt, dass einige Maasse nicht genommen werden konnten. Vor der Messung wurde jeder Schädel in einer bestimmten für alle gleichen Stellung fixirt, wobei als Horizontale die von Ihering vorgeschlagene Linie genommen wurde, welche vom Centrum des äusseren knöchernen Gehörgangs zum unteren Rande der Augenhöhlenöffnung gezogen wird. Der grösste Theil der Maasse wurde theils mit einem gewöhnlichen Zirkel, theils mit dem Bandmaasse genommen; bei der Messung mit letzterem wurde speziell darauf geachtet, dass das

1) Эмме. Антропологія и медицина. Полтава 1882. p. 14.

2) Богдановъ, А. Древніе кіевляне по ихъ черепамъ и могиламъ. Антропологическая выставка. tom. III, часть I. Протоколы вып. III. Москва 1880. p. 315.

Band sich nicht durch längeren Gebrauch ausdehnte. Jeder Schädel wurde wenigstens zweimal gemessen, vorzüglich zur Controle der mit dem Tasterzirkel erhaltenen Zahlen. Die Aufzählung der ausserdem benutzten Instrumente folgt bei der Beschreibung der einzelnen Nummern.

Wie schon gesagt wurde als Eintheilungsprincip die administrative Trennung des europäischen Russlands in Gouvernements und Kreise angenommen. Entweder ist bei den einzelnen Schädeln nur das Gouvernement angegeben, wenn letzteres allein bekannt war, oder der Kreis. Bei vielen der gemessenen Crania war auch die Dorfschaft und das Dorf bekannt, dieselben ebenso wie die Vor- und Familiennamen wurden als weniger wichtig weggelassen. Ist eine bestimmte Gouvernementsstadt angegeben, so bedeutet dieses, dass die betreffende Person zu den Kleinbürgern gehörte, die übrige grössere Anzahl der Schädel vertritt den Bauernstand. Sämmtliche Schädel gehörten Personen griechischer Confession und unzweifelhaft Grossrussen an, nur bei einigen weiblichen Schädeln des Gouvernements St. Petersburg konnte in letzterer Beziehung, auf Grund des Vornamens vielleicht ein Zweifel möglich sein.

№ 1 ist die laufende Nummer, getrennt für männliche und für weibliche Schädel.

№ 2. Das Geschlecht war bei allen Schädeln bekannt, auch bei den durch Ausgrabung erhaltenen aus dem Gouvernement Nowgorod, welche als ganze Skelete gefunden wurden.

№ 3. Das Alter war ebenfalls bekannt, nur könnten vielleicht bei den Mängeln des herrschenden Passsystems einige Angaben der Zahl der Jahre als zu gering angenommen werden.

№ 4. Der Jnhalt wurde auf die bekannte Weise mit Schrot gemessen, die einzelnen Schrotkörner besassen einen Durchmesser von 3 mm. Bei der Füllung begnügte ich mich nicht den Schrot durch Rütteln zu vertheilen, sondern derselbe wurde ausserdem mit dem Finger festgestampft.

№ 5. Das Gewicht des Schädels mit dem Unterkiefer wurde in Grammen bestimmt. Da sämmtliches Material völlig intakt war und die Schädel, mit Ausnahme der grossen Minderheit der hochbejahrten, alle Zähne besassen und ferner alle auf eine gleichmässige Art und Weise macerirt und gebleicht waren, so glaube ich den erhaltenen Zahlen eine feste Bedeutung nicht absprechen zu dürfen.

№ 6. Die Länge № 1 wurde gemäss der allgemeinen Horizontalen von einem mittleren Punkte zwischen den *Arcus superciliares* dicht über der *Sutura naso-frontalis*, auf die prominenteste Stelle des Hinterhauptes mit dem Tasterzirkel gemessen.

№ 7. Die Länge № 2 wurde zwischen den gleichen Punkten genommen, aber ohne Rücksicht auf die allgemeine Horizontale.

№ 8. Die höchste Breite wurde in der Horizontalstellung da genommen, wo dieselbe sich vorfand.

№ 9. Die geringste Breite bildete die Entfernung zwischen zwei Punkten des Stirnbeins dicht hinter den *Processus zygomatici* des letzteren.

№ 10. Die Mastoidealbreite wurde erhalten zwischen den Endpunkten einer Linie, welche die Basis der *Processus mastoidei* verband.

№ 11. Die Parietalbreite wurde zwischen den *Tubera parietalia* gemessen.

№ 12. Die Frontalbreite bedeutet die Entfernung der *Tubera frontalia* von einander, letztere wurden durch die von Welker vorgeschlagene Methode vor der Messung durch Bleistiftstriche bestimmt.

№ 13. Die vertikale Höhe № 1 wurde zu der allgemeinen Horizontalen als Entfernung der Mitte des vorderen Randes des *Foramen magnum* von einer entsprechenden Stelle der *Sutura sagittalis* bestimmt.

№ 14. Die vertikale Höhe № 2 wurde auf die gleiche Weise, aber von der Mitte des hintern Randes des *Foramen magnum* genommen.

№ 15. Die grösste Höhe wurde gemessen als die grösste Entfernung der Mitte des vordern Randes des *Foramen magnum* zu dem entsprechenden Punkte des Scheitels.

№ 16. Der Umfang wurde gemäss der Horizontalen mit dem Bandmaasse von der Mitte des Zwischenraums zwischen den *Arcus superciliares* dicht über der *Sutura naso-frontalis* rund um den Schädel genommen, wobei sich das Band über den *Processus zygomaticus ossis frontis* spannte.

№ 17. Der Querbogen wurde erhalten durch Anlegen des Bandes von einem Centrum des äusseren Gehörgangs zu dem anderen, quer über den Scheitel.

№ 18. Beim Längsbogen wurde das Band zwischen der *Sutura naso-frontalis* und der Mitte des hinteren Randes des *Foramen magnum* angelegt.

№ 19, 20 und 21 sind Theile des vorhergehenden allgemeinen Maasses, dieselben waren leicht zu bestimmen, da bei den betreffenden Schädeln die Näthe meist gut erhalten waren.

№ 22 und 23. Die Länge der vorderen und hinteren Hälfte des Schädels wurden als Projektionsmaasse vom Centrum der äusseren Gehöröffnung zur Mitte zwischen den *Arcus superciliares* einerseits und zu dem am meisten vorstehenden Punkte des Hinterhaupts andererseits genommen. Zu diesen Messungen benutzte ich den *Goniometer facial* von Broca (Instructions générales p. 28).

№ 24 und 25. Die Entfernung der Mitte der *Sutura naso-frontalis* und der Mitte des Alveolarrandes des Oberkiefers zwischen den mittleren Schneidezähnen von der Mitte des vorderen Randes des *Foramen magnum* wurde mit dem Tasterzirkel erhalten.

№ 26. Der Winkel, welchen die Ebene des *Foramen magnum* mit der allgemeinen Horizontale bildet, wurde sowohl mit Hülfe eines gewöhnlichen Winkelmessers, als auch vermittelst des *Goniomètre occipital à arc* von Broca (Bulletins de la Société d'anthropologie, 4 juillet 1872) bestimmt.

№ 27 und 28. Die Messung der Länge und Breite des grossen Hinterhauptloches ergiebt sich von selbst, die Breite wurde dicht hinter den Condylen genommen.

№ 29. Die Länge des Gaumen wurde gemessen von der Mitte der hintern Wand des Alveolarfortsatzes bis zur Basis der *Spina nasalis posterior*.

№ 30. Die Breite des Gaumen bildet die Entfernung zwischen der medialen Wand des Alveolarfortsatzes, entsprechend dem Zwischenraum zwischen dem 2ten und 3ten hinteren Backenzahn.

№ 31. Die Gesichtslänge besteht aus der Entfernung zwischen der Mitte der *Sutura naso-frontalis* zur Mitte des unteren Randes des Unterkiefers.

№ 32. Die Gesichtsbreite bildet die Entfernung der Mitte der äusseren Fläche beider Wangenbeine.

№ 33. Die Zygomaticalbreite ist der grösste Abstand der Jochbogen von einander.

№ 34. Die Höhe der Augenhöhle bildet der Abstand der Mitte des oberen und unteren Augenhöhlenrandes.

№ 35. Die Breite der Augenhöhle wurde von der inneren Wand der Thränensacksgrube zu dem am meisten entfernten Punkt des äusseren Augenhöhlenrandes gemessen.

№ 36. Die Länge der Nase ist der Abstand zwischen der Mitte der *Sutura naso-frontalis* und der Basis der *Spina nasalis anterior*.

№ 37. Die Breite der Nase bildet die grösste Breite der *Apertura pyriformis*.

№ 38. Die Breite der Nasenwurzel ist der Abstand zweier Punkte, welche auf jeder Seite der Vereinigungsstelle des Stirnbeins, Thränenbeins und des Oberkiefers entsprechen.

№ 39. Die Länge des Oberkiefers bildet die Entfernung der Spitze seines *Processus frontalis* vom Alveolarrande entsprechend dem ersten Schneidezahn.

№ 40. Die Breite des Oberkiefers wurde zwischen den äusseren Rändern des Alveolarfortsatzes im Zwischenraume zwischen dem 2ten und 3ten hinteren Backenzahne gemessen.

№ 41. Die Länge des Unterkiefers wurde mit dem Bandmaasse längs des unteren Randes des Knochens von einem Winkel zum andern gemessen.

№ 42. Die Breite des Unterkiefers ist die direkte Entfernung der Winkel von einander.

№ 43. Die Höhe bildet die Entfernung der Mitte des unteren Randes des Körpers von dem Alveolarrande zwischen beiden mittleren Schneidezähnen.

№ 44. Der Winkel zwischen dem Körper des Unterkiefers und dem aufsteigenden Aste wurde vermittelst des Gesichtsgoniometer von Broca gemessen.

№ 45. Die Höhe der Aeste bildet der Abstand des höchsten Punktes des Gelenkkopfes von dem Winkel des Unterkiefers.

№ 46. Die Breite des Astes ist der Abstand an der schmalsten Stelle des vorderen von dem hinteren Rande.

№ 47. Der Breitenindex wurde erhalten, indem die Länge № 6 = 100 genommen und die Breite № 8 in Procentzahlen berechnet wurde. Hierbei wurden für die erhaltenen Ziffern folgende Benennungen der Schädel angenommen:

1) *dolichocephale* bei einem Index bis 74,9.
2) *subdolichocephale* bei einem Index von 75,0 bis 77,9.
3) *subbrachycephale* bei einem Index von 78,0 bis 79,9.
4) *brachycephale* bei einem Index von 80,0 und höher.

№ 48. Der Höhenindex drückt das Verhältniss zwischen der Länge № 6 und der Höhe № 13 aus, die Benennungen der Schädel beziehen sich hierbei auf folgende Zahlenwerthe:

1) *hypsocephale* bei einem Index über 75,0.
2) *orthocephale* bei einem Index von 74,9 bis 70,0.
3) *platycephale* (*chamaecephale*) bei einem Index von 69,9 und darunter.

№ 49. Der Breiten-breitenindex drückt das Verhältniss der höchsten Breite № 8 zur geringsten Breite № 9 aus.

№ 50. Der Breiten-höhenindex enthält die Beziehung zwischen der Breite № 8 und der Höhe № 13.

№ 51. Der Lagenindex bedeutet die Lage der grössten Schädelbreite, dieselbe wurde mit Hülfe des Broca'schen Goniometer erhalten, indem der Schädel zwischen die Längsbranchen gestellt und die Berührungsstelle seiner Seitenflächen mit dem Instrument einfach angemerkt wurde.

№ 52. Der Nasenindex bestimmt die Beziehung der Nasenlänge № 36 zur Breite der vordern Nasenöffnung № 37. Der Werth der Benennung ist folgender:

1) *leptorhine* bei einem Index von 47,9 und niedriger.
2) *mesorhine* bei einem Index von 48,0 bis 52,9.
3) *platyrhine* bei einem Index von 53,0 und höher.

№ 53. Der Augenhöhlenindex bestimmt die Beziehung der Höhe der Augenhöhlenöffnung № 34 zu ihrer Breite, die Benennungen bezeichnen folgende Werthe:

1) *mikroseme* bei einem Index von 82,9 und niedriger.
2) *mesoseme* bei einem Index von 83,0 bis 88,9.
3) *megaseme* bei einem Index von 89,0 und darüber.

№ 54. Der Index des *Foramen magnum* bestimmt die Beziehung zwischen seiner Länge № 27 und Breite № 28.

№ 55. Der Gesichtsindex[1]) bestimmt das Verhältniss zwischen dem grössten Abstande der Jochbogen № 33 und der Länge des Gesichts № 31. Die Benennungen sind:

1) *chamaeprosop* (niedere Gesichtsschädel) bei einem Index bis 89,9.
2) *leptoprosop* (hohe Gesichtsschädel) bei einem Index von 90,0 bis 100.

№ 56 bezeichnet den Winkel, welchen der Nasenrücken zu dem unmittelbar über ihm liegenden Theil der Stirn macht, wobei unter der Benennung:

1) Kollmann, J. Beiträge zu einer Craniologie der europäischen Völker. — Archiv für Anthropologie. tom. XIII. 1881. p. 180.

1) stark prominente Nase ein Winkel bis 115,
2) mittel prominente Nase ein Winkel bis 125,
3) wenig prominente Nase ein Winkel über 125

zu verstehen ist. Der Winkel würde also die Prominenz der Nase in Bezug auf den zwischen den *Arcus superciliares* liegenden Theil der Stirn vorstellen, nicht aber das Vortreten des knöchernen Theils der Nase in Bezug auf die Stellung der übrigen Knochen des Gesichts, welche natürlich ein ganz anderes sein kann. Da der Nasenindex, was die Form betrifft, nur die Länge und Breite der Oeffnung bestimmt, die Stellung der Nasenknochen hierbei aber jede beliebige Richtung haben kann, wurde von mir die Messung des ebengenannten Winkels gewählt. Derselbe erwies sich brauchbar bei der Mehrzahl der von mir untersuchten Schädel, unter deren Zahl sich wenige mit stark ausgeprägten und in der Mittellinie zusammenlaufenden *Arcus superciliares* vorfanden. In letzterem Falle ist der Winkel nicht zuverlässlich, da er im Verhältniss zur wirklichen Richtung des vertikalen Theils der Stirn zu klein ausfällt. Da in Bezug auf die Stellung der Nasenknochen für die Form des Gesichtsschädels nicht nur die Prominenz des Nasenrückens zur Stirn von Bedeutung ist, sondern auch die Neigung beider Knochen gegen einander und die Form und Länge des Nasenrückens selbst von Interesse sind, so habe ich beide letztere Bestimmungen bei der speciellen Beschreibung der Schädel ebenfalls aufgenommen.

№ 57. Die Bestimmung des Gesichtswinkels nach Broca[1]) wurde mit Hülfe seines *Goniomètre facial* erhalten. Das Dreieck besteht aus einer die Mitte beider äusseren Gehörgänge verbindenden Linie, der *Spina nasalis anterior* und einem Punkte in der Medianebene in der Gegend der *Glabella*, letztere als die Mitte einer Linie, welche beide Orbitaldächer verbindet. Der Broca'sche Gesichtswinkel wurde von mir aufgenommen, weil er für mich eine Vergleichung meiner Messungen mit denen anderer Forscher aus der russischen Literatur möglich machte.

№ 58. Der Gesichtswinkel nach Ihering[2]) (Profilwinkel) bezeichnet den Winkel zwischen einer durch die Mitte der Ohröffnung gezogenen, den unteren Rand der *Orbita* tangirenden Linie (Horizontale) und einer zweiten von der Nasenwurzel zur Mitte des Alveolarfortsatzes des Oberkiefers (Linie des Gesichtsprofils). Die vier Punkte dieses Winkels wurden von mir ohne jede Schwierigkeit mit Hülfe des Stereographen von Broca (Mémoires de la Société d'anthropologie tom. III pag. 99—124, Fig. 25 und 26) zuerst auf eine Papiertafel projicirt und dann auf die gewöhnliche Weise gemessen. Folgende drei Benennungen bezeichnen den Werth der Ziffern (nach Kollmann[3]).

---

1) Broca, P. Mémoires d'anthropologie. tom. I. p. 76, 106 und 112. (War mir im Originale nicht zugänglich).
2) v. Ihering, H. Ueber das Wesen der Prognathie und ihr Verhältniss zur Schädelbasis. — Archiv für Anthropologie. tom. V. 1872. p. 369 und 400.
3) Kollmann. l. c. p. 180.

1) *Prognathie* von 76,0 bis 82,9.
2) *Mesognathie* von 83,0 bis 89,9.
3) *Orthognathie* von 90,0 bis 97,0 und darüber.

Spezielle Beschreibung der Schädel.

1. Gouvernement Archangelsk (Tabelle I).

Zur Untersuchung lagen 18 Schädel vor (17 männliche und der einer 50jährigen Frau) aus 4 Kreisen, die meisten Schädel (7) stammten aus dem Kreise Cholmogor. Das Volumen ist ein verhältnissmässig sehr geringes = 1372, Minimum = 1170, Maximum = 1520. Die Mittelzahl des Gewichts beträgt 660 grm., Minimum = 510 (der weibliche Schädel mit Defect aller Zähne und Atrophie der Kiefer), Maximum = 825.

In der Ansicht von vorn (*Norma frontalis*) besitzt die grosse Mehrzahl der Schädel ein breites und wenig hohes Gesicht. Der Gesichtsindex beträgt im Mittel 89,0, der auffallend breite Index von 73,8 gehört dem weiblichen Schädel an, dessen Gesichtslänge aus oben angegebenen Gründen eine sehr geringe war. Die Schädel sind zur Hälfte chamaeprosop, zur Hälfte leptoprosop, das höchste Gesicht besitzt einen Index von 95,2. Sämmtliche Knochenfortsätze und Erhabenheiten des Gesichts sind schwach entwickelt. Die Stirn ist meistentheils breit und gut gewölbt, mit einem allmähligen flachen Uebergang in den Scheiteltheil des Stirnbeins. Die auffallend breite Stirn des Schädels № 17 ist auf eine persistirende Stirnnath begründet. Bei drei Schädeln verschiedenen Alters war die Stirn zwar schmal, aber gut gewölbt, zwei andere zeichneten sich durch eine schmale und sehr niedrige Stirn mit leicht kammartig vorragender Mittellinie aus. Nur bei dem weiblichen Schädel war ein scharfer, fast winkelförmiger Uebergang des vertikalen Theils des Stirnbeins in den horizontalen zu bemerken. Die *Tubera frontalia* sind schwach entwickelt, ebenso die *Arcus superciliares*. Prominente und in der Mittellinie zusammenfliessende Arcus besassen überhaupt nur vier Schädel von 23, 29, 36 und 38 Jahren.

Die Augenhöhlen sind nicht geräumig, die Fläche der Augenhöhlenöffnung ist stark nach aussen gerichtet, so dass bei der Seitenansicht die vordere Hälfte der innern Wand bis zum *Foramen ethmoidale ant.* und weiter zu übersehen ist. Die Oeffnung selbst besitzt in der Mehrzahl der Fälle eine länglich viereckige Gestalt mit horizontal gerichteter Queraxe, in drei Fällen war die Richtung der letzteren eine schiefe nach aussen und unten. Der Schädel № 3 besass eine vollkommen kreisrunde Augenhöhlenöffnung. Die Ränder sind gewöhnlich scharf und wenig aufgeworfen. Nach dem Index gruppiren sich die Augenhöhlen folgendermassen:

1. *mikroseme* = 5.
2. *mesoseme* = 9.
3. *megaseme* = 4.

Die Mittelzahl des Index beträgt 84,2.

Die Wangenbeine sind schwach entwickelt und entweder ganz oder mit dem grössten Theil ihrer Fläche nach aussen gerichtet.

Die Nasenknochen sind gewöhnlich lang und breit, mit einem schwachen Sattel auf der Mitte des Rückens, selten ist der Rücken gerade und scharf (2 Fälle), kurze Nasenknochen mit ungemein breitem und völlig planem Rücken kamen vier mal vor, meistentheils zusammen mit breiter und niedriger Stirn, in einem weiteren Falle waren die betreffenden Knochen kurz und an der Basis sehr schmal. Eine Form der Knochen, welche man als Hakennase bezeichnen könnte, kam drei mal vor und zwar nur an jungen Subjecten. Die Nase ist mittelprominent, der Winkel mit dem Stirnbein betrug im Mittel 121. Der Winkel von 98° bei dem Schädel № 9 hing von stark überhängenden und in der Mittellinie zusammenfliessenden Augenbrauenbogen ab. Ordnet man die Indices der Nasenöffnung, so erhält man folgende Beziehungen:

1. *leptorhine* = 7.
2. *mesorhine* = 7.
3. *platyrhine* = 4.

Das Mittel des Index beträgt 47,9. Die Breite der Nasenwurzel ist eine bedeutende (24), in vielen Fällen ist dieselbe gleich der Breite der Nasenöffnung. Die breiteste Wurzel und Oeffnung besass der einzige Stirnnathschädel.

Der Oberkiefer ist niedrig und breit $\frac{62}{60}$, von seiner Formation hängt die allgemeine Breite des Gesichtes ab, da die Wangenknochen, wie schon gesagt, stark nach aussen gerichtet sind. In drei Fällen ist seine Höhe und Breite die gleiche, in vier Fällen übertrifft die Breite die Höhe. Der Knochen ist an und für sich schwach entwickelt, die *fossae caninae* sind wenig bemerkbar. Der Alveolarfortsatz ist leicht prognath, die Zähne jedoch nach unten gerichtet und gut und eng gereiht, von mittlerer Grösse. Leichte Zwischenräume zwischen den Frontalzähnen kamen zwei mal vor, in einem Falle (Schädel von 25 Jahren) mit einer Höhe des Oberkiefers von 62 und Breite von 64, betrug der Zwischenraum zwischen den mittleren Frontalzähnen 0,7 mm. Der Unterkiefer ist verhältnissmässig schwach entwickelt, die Länge ist im Vergleich zur Breite eine geringe $\frac{184}{96}$; die aufsteigenden Aeste sind hoch und breit $\frac{65}{36}$; der Winkel ist ein geringer = 115. Das Kinn ist abgestumpft, die Muskelleisten wenig entwickelt. In einem Falle befanden sich starke Zwischenräume zwischen den unteren Frontalzähnen.

In der *Norma lateralis* ist die Form der Begrenzungslinie des Schädels in der grossen Mehrzahl eine ziemlich konstante. Die Linie bildet eine Parabel, welche allmählig von vorn nach hinten, entsprechend dem Bogen des Stirnbeins, sanft aufsteigend, in den planen

Scheitel übergeht, um dann plötzlich, entsprechend dem Parietalbogen, steil nach unten abzufallen, wodurch ein fast vollständig planes und hohes Hinterhaupt erzielt wird. Die ganze Parabel ist entweder kurz, oder bei verhältnissmässig langem und planem Scheitel in die Länge gezogen. Der Occipitalbogen ist nicht oder sehr wenig prominent, stark prominirend war derselbe bei 4 Schädeln, deren Contour die Form einer langgestreckten Ellypse hatte. Der Schädel № 8 bildete ein langgestrecktes Oval. Auffallend ist bei 5 Schädeln verschiedenen Alters eine leichte sattelartige Einbiegung, welche die Umgrenzungslinie dicht hinter der Kranznath erleidet, an dieser Stelle ist das Scheitelbein wie eingeknickt. Diese Einbiegung setzt sich auch auf die Seitenfläche des *Os parietale*, immer parallel der *Sutura coronalis*, fort, um oberhalb des *Pterion* zu verschwinden. Die 5 Schädel boten den ebenerwähnten Sattel in exquisiter Weise, bei mehreren anderen war derselbe nur angedeutet. Erwähnenswerth wäre in dieser Beziehung, dass bei zwei lebenden Subjecten aus Archangelsk, die zu untersuchen ich Gelegenheit hatte, derselbe Sattel gut ausgebildet sich vorfand.

Die *Alae magnae* des Keilbeins sind von sehr verschiedener Grösse und Wölbung. Das Pterion ist in der Mehrzahl der Fälle regelmässig und breit, nur in einem Falle waren das Frontale und Temporale stark genähert. In einem Falle befand sich beiderseits im Pterion ein Schaltknochen, in einem weiteren Falle nur rechts, und in drei Fällen nur links. Schläfenlinien waren meistentheils zwei vorhanden, aber schwach ausgesprochen. Die kammartige Fortsetzung des *Processus zygomaticus* über die Temporalschuppe nach hinten fehlte entweder oder war, excl. eines Schädels von 38 Jahren, kaum bemerkbar.

In der *Norma verticalis* bildete die Contourlinie des Schädels ein mittellanges Oval mit hinterer breiterer Hälfte, deren breiteste Stelle der Gegend der schwach ausgesprochenen *Tubera parietalia* entspricht. Bei zwei Schädeln, № 8 und 9, hatte die Umgrenzungslinie die Gestalt einer langgestreckten Ellypse. Die Nase und die Jochbogen sind entweder nicht oder wenig zu sehen. Die *Tubera parietalia* waren gut entwickelt nur bei zwei Schädeln im Alter von 18 und 29 Jahren. Ein Schädel № 12 bot einen leichten Scheitelkamm, ein zweiter ein *Os fonticuli frontis*, einer zeichnete sich durch eine ungewöhnlich grosse Anzahl Worm'scher Knochen aus. Die Näthe waren bei der Mehrzahl intakt, die hintere Hälfte der Pfeilnath war verstrichen bei № 2, dieselbe Nath war vollständig verwachsen bei № 6 und 9, die Mitte der Kranznath, die ganze Pfeilnath und die mittlere Halfte der *Lambdoidea* bei № 10, alle grossen Näthe waren verwachsen bei № 8.

In der *Norma occipitalis* formirt die Umgrenzungslinie des Schädels ein Viereck mit schwachgewölbtem Scheitel und gegen die Schädelbasis leicht convergirenden, kaum ausgebogenen Seitenlinien. Die breiteste Stelle dieses Vierecks entspricht entweder den *Tubera parietalia* oder liegt häufiger unterhalb derselben, in der Mitte zwischen ihnen und den *Processus mastoidei*. In einem Falle № 12 bildete in Folge eines Scheitelkammes die Contourlinie ein Fünfeck. Die Basis der Figur ist entweder plan oder leicht nach unten ausgebogen, das ganze Hinterhaupt ist platt oder kaum merklich convex. *Lineae semicirculares* sind zwei vorhanden aber schwach entwickelt besonders die unteren. Bei drei Schädeln flossen

die oberen halbkreisförmigen Linien in der Mitte kammartig ineinander, nur in einem Falle war dieser Kamm in eine lange, nach unten überhängende Spina verwandelt, in zwei weiteren Fällen war der Kamm als scharfe, erhabene Leiste bis zum *Foramen magnum* zu verfolgen, wobei zu beiden Seiten des Kamms sich entweder zwei oder vier mehr oder weniger tiefe Gruben befanden. Die *Spina occipitalis externa* ist gewöhnlich nicht oder schwach ausgesprochen. An einem Schädel fand sich ein *Os apicum*, an einem zweiten ein *Os intercalare*. In 9 Fällen erreichten die Spitzen der *Processus mastoidei* nicht eine Linie, welche durch die Spitzen der *Processus condyloidei* gezogen war, in 7 Fällen waren die *Processus mastoidei* länger und in zwei Fällen standen sie in gleicher Höhe mit den Gelenkfortsätzen.

In der *Norma basilaris* fällt die stark und besonders in die Breite entwickelte Basis des Schädeltheils in die Augen, deren Gruben und Erhebungen scharf ausgesprochen sind. Das *Foramen magnum* ist von ellyptischer Form, mit einem Index von 85,7. Das *Foramen jugulare* ist rechts enger in 8 Fällen, links enger in 5 und auf beiden Seiten gleichweit ebenfalls in 5; einmal ist dasselbe auf beiden Seiten getheilt, ein zweitesmal nur rechts. Das Gaumengewölbe ist ziemlich flach, der Alveolarbogen des Oberkiefers erscheint meist als halbe Ellypse $\frac{4}{3}\frac{5}{7}$, einmal als die Hälfte eines Kreises. An einem Schädel war die Mittellinie des Gaumen besonders in ihrer hinteren Partie leicht nach unten convex.

Der Breitenindex beträgt im Mittel 80,1, die Schädel sind also im Allgemeinen brachycephal. Ordnet man dieselben nach der früher angeführten Indexscala, so erhält man:

1. *dolichocephale* = 2.
2. *subdolichocephale* = 5.
3. *subbrachycephale* = 2.
4. *brachycephale* = 9.

Die beiden dolichocephalen Schädel № 8 und 9 sind Schädel, bei welchen die Pfeilnath und überhaupt die Näthe verwachsen waren. Die subdolichocephalen Schädel № 6 und 10 besitzen ebenfalls Nathabweichungen, der dritte ist weiblich, die beiden übrigen sind normal.

Der Höhenindex ist = 74,4 (orthocephal), wobei sich die Schädel folgendermassen gruppiren:

1. *hypsocephale* = 6
2. *orthocephale* = 12
3. *platycephale* = —

Der Horizontalumfang beträgt 511, Maximum = 540, Minimum = 490, wobei das Maximum nicht mit demselben Werthe des Inhalts zusammenfällt. Der Querbogen ist = 326, Maximum = 340, Minimum = 310; der Längsbogen ist = 367, Maximum = 390, Minimum = 340. An den Längsbogen betheiligen sich das Stirnbein und das Scheitelbein mit gleicher Länge (125), wobei in 8 Fällen der Frontalbogen länger war, in 7 Fällen der Parietalbogen.

Der Gesichtswinkel der Schädel nach Broca beträgt 72, Maximum 78, Minimum 69.

Der Gesichtswinkel nach Ihering ist = 86,0, die Schädel waren also mesognath. Ordnet man dieselben nach der früher angegebenen Eintheilung, so ergeben sich:

1. *prognathe* = 2.
2. *mesognathe* = 13.
3. *orthognathe* = 3.

Unter den zwei prognathen Schädeln befindet sich der weibliche.

2. Gouvernement Olonetz (Tabelle II).

Zur Untersuchung lagen 15 Schädel vor, alle männlichen Geschlechts, dieselben stammten aus drei Kreisen, die meisten aus Kargopol (6). Ein Theil der Schädel gehörte verhältnissmässig jungen Subjecten an. Die Mittelzahl für die Capacität beträgt 1403, Maximum 1652, Minimum 1238. Das Gewicht ist im Mittel = 690 grmm, Maximum 805, Minimum 490.

In der *Norma frontalis* zeichnen sich die Schädel aus Olonetz durch ein mehr längliches Gesicht aus. Der Gesichtsindex beträgt im Mittel 92,8, wobei sich unter den leptoprosopen Schädeln 4 mit einem Index über 96 befinden. Die Stirn ist in der Mehrzahl der Fälle breit, die Breite des Schädels № 22 hängt von einer persistirenden Stirnnath ab; dieselbe ist ausserdem flach und niedrig, wobei die *Tubera frontalia* kaum zu bemerken sind. Die geringe Entwickelung des vertikalen Theils des Stirnbeins geht bei einem 26jährigen Schädel so weit, dass ihr horizontaler Theil unmittelbar über den Stirnbeinhöckern anfängt. Eine zweite Hälfte der Schädel besass eine schmale und flache (3) oder eine schmale und stark gewölbte Stirn. Bei fünf Schädeln war zwischen den *Tubera frontalia* in der Mittellinie ein dritter Höcker von gleicher Grösse und in gleicher Höhe mit den seitlichen zu bemerken, bei zwei weiteren Schädeln von 26 und 28 Jahren hatte die Mittellinie die Form eines leichten Kammes. Die *Arcus superciliares* waren gut entwickelt überhaupt an 7 Schädeln, an drei flossen dieselben unter einander zusammen, jedoch ohne überhängend zu werden.

Die Augenhöhlen sind nicht geräumig, ihre Gestalt und Begrenzung ist die schon früher beschriebene. Am häufigsten ist die Oeffnung länglich viereckig, wobei in 6 Fällen die Queraxe völlig horizontsl steht und in 5 etwas schief nach unten und aussen. In zwei Fällen näherte sich die Form der rundlichen und zwar waren bei dem 24jährigen Schädel beide Oeffnungen von unsymmetrischer Grösse (die rechte merklich grösser). An zwei Schädeln umgrenzten die Ränder der Augenhöhle ein regelmässiges Viereck, wobei bei dem 19jährigen die innere Seite um die Hälfte kürzer als die äussere war, während bei dem 51jährigen gerade das umgekehrte Verhältniss stattfand. Der Index der Oeffnung ist im Allgemeinen = 84,2, dabei sind:

1. *mikroseme* = 8.
2. *mesoseme* = 3.
3. *megaseme* = 4.

Was die Form und die Stellung der Nasenknochen anbetrifft, so finden sich bei den 15 Schädeln jede überhaupt möglichen normalen Variationen, ohne dass irgend eine besondere Bildung vorherrscht. Bei einem 18jährigen waren die sowohl langen als auch breiten Nasenknochen vollkommen horizontal gegeneinander gestellt, so dass weder ein eigentlicher Rücken, noch ein Sattel vorhanden waren. Bei dem 51jährigen waren die breiten und kurzen Nasenknochen vollständig untereinander verschmolzen. Die Nase ist wenig prominent, nur bei 4 Schädeln war der Winkel mit der Stirn ein kleiner, seine Mittelzahl ist 127. Der allgemeine Index der Nasenöffnung beträgt 50,0, darunter sind:

1. *leptorhine* = 6.
2. *mesorhine* = 5.
3. *platyrhine* = 4.

Auch an diesen Schädeln ist die Breite der Nasenwurzel eine bedeutende = 23 und zwar war dieselbe in 4 Fällen ebensobreit wie die Nasenöffnung.

In Bezug auf den Bau des Ober- und Unterkiefers gilt das bei den Schädeln aus Archangelsk schon Gesagte; in der Mehrzahl der Fälle war der Alveolarfortsatz prognath, wobei nur einmal die Zähne selbst stark prognath gestellt waren. Die *Fossae caninae* sind selten tief. Unregelmässig gereihte Zähne und Zwischenräume zwischen den oberen Frontalzähnen kamen zweimal zur Beobachtung. Die Höhe des Oberkiefers verhält sich zu seiner Breite wie 63 : 61, die des Unterkiefers wie 180 : 95, der Winkel des Unterkiefers ist bedeutend grösser als bei den Schädeln aus Archangelsk, nämlich 122. Die Höhe und Breite der aufsteigenden Aeste $\frac{6}{3}\frac{2}{3}$.

In der *Norma lateralis* besitzt die Mehrzahl der Schädel die schon für die vorhergehenden als charakteristisch bezeichnete parabolische Umgrenzungslinie. Eine langgezogene Ellypse mit besonders hervorgewölbtem Occipitale kam zweimal vor (29 und 51 Jahre), ein kurzes Oval mit kurzem Scheitel und gewölbtem Occipitalbogen einmal. Bei der gewöhnlich vorkommenden Contourlinie hob sich an zwei Schädeln der obere Theil der *Squama occipitalis* wulstförmig hervor. Eine leichte sattelförmige Einbiegung hinter und längs der Kranznath war an vier Schädeln zu bemerken. Das Pterion war beiderseits regelmässig in 7 Fällen, enthielt beiderseits Schaltknochen in drei, nur rechts ebenfalls in drei, nur links in einem und war völlig verwachsen an dem 51jährigen Schädel. Die Schläfenlinien waren in einem Falle überhaupt nicht entwickelt, gleich oft kamen zwei oder eine vor, gut zu sehen waren sie nur an dem 51jährigen.

In der *Norma verticalis* herrscht die gewöhnliche ovale Begrenzungslinie vor, mit der breitesten Stelle an den mehr oder weniger entwickelten *Tubera parietalia*. Fast regelmässig

ellyptisch war die Linie nur an einem 19 und 29jährigen Schädel. Eine deutlich langgestreckt bisquitförmige Contour besassen die Schädel № 8 und 10, nur ein Schädel bot ein sehr spitzzulaufendes Hinterhaupt dar. An 11 Schädeln waren sämmtliche Näthe vorhanden. Der hintere Theil der *S. sagittalis* war leicht verstrichen bei № 13, ganz verschwunden bei № 8, die ganze Sagittalis nnd der mittlere Theil der Lambdoidea erschienen verstrichen bei № 10, und alle Näthe waren zum grössten Theil (am wenigsten die Coronalis) verwachsen bei № 14.

In der *Norma occipitalis* findet sich auch die hier für das vorhergehende Gouvernement als charakteristisch beschriebene Begrenzungslinie, nur in einem Falle bildete dieselbe ein reines Quadrat mit leicht gewölbtem Scheitel. Ein Fünfeck in Folge eines Scheitelkamms kam dreimal zur Beobachtung, an einem Schädel war die Contour rein ellyptisch. An dem 29jährigen Schädel hatte die hintere Hälfte der Pfeilnath die Gestalt einer breiten seichten Furche. Die *Lineae semicirculares* waren verhältnissmässig besser ausgesprochen, in zwei Fällen waren die oberen kammartig vereint, in fünf weiteren setzte sich dieser Kamm leistenartig bis zum *Foramen magnum* fort. Die *Processus condyloidei* standen bei 8 Schädeln tiefer als die *Pr. mastoidei*, bei 7 gleich hoch.

In der *Norma basilaris* zeichnet sich die Form der Schädel in nichts von den vorher gehenden aus, eine ungewöhnlich lange Basis besitzt № 14. Das *Foramen magnum* ist ellyptisch, sein Index = 83,3. Das *Foramen jugulare* ist auf beiden Seiten gleich weit in 5 Fällen, links weiter in 5 und rechts weiter in 5; dasselbe ist je einmal rechts und links in zwei Oeffnungen getheilt. An zwei Schädeln war diese Oeffnung auf der rechten Seite ungewöhnlich weit, mit einem Durchmesser von 1,5 Ctm. gegen 0,6 auf der linken Seite. Der Gaumen ist ellyptisch und stark gewölbt, zweimal bildete derselbe die Hälfte eines Kreises, einmal war seine Mittellinie nach unten convex.

Der Breitenindex beträgt 80,5, also ebenfalls im Allgemeinen brachycephal. Nach der Indexscala geordnet erhalten wir:

1. *dolichocephale* = 1
2. *subdolichocephale* = 3
3. *subbrachycephale* = 3
4. *brachycephale* = 8

Der Schädel № 8 ist dolichocephal, an ihm ist die ganze Pfeilnath verwachsen, subdolychocephal sind № 4, 14 und 15, darunter ist № 14 ebenfalls durch Verstreichung fast sämmtlicher Näthe verändert, die beiden übrigen aber sind völlig normal. Trotzdem № 10 eine Verwachsung der Sagittalis und Lambdoidea besitzt, ist dieselbe doch brachycephal.

Der Höhenindex ist durch die Zahl 75,4 ausgedrückt, die Schädel sind also hypsocephal. Nach der Scala geordnet finden sich:

1. *hypsocephale* = 11.
2. *orthocephale* = 4.
3. *platycephale* = —.

Der Schädel № 14 mit starker Nathverwachsung steht hart an der Grenze der Platycephalie.

Die Mittelzahl des Umfangs beträgt 509, Maximum = 534, Minimum 483, beide letztere Ziffern fallen nicht mit denselben Werthen des Schädelinhalts zusammen. Der Querbogen ist = 326, Maximum 345, Minimum 310, wobei die grössten und geringsten Werthe den gleichen des Inhalts entsprechen. Der Längsbogen beträgt 362, Maximum 380, Minimum 345 (das Minimum entspricht dem des Inhalts). Die Länge des Stirn- und Scheitelbogens ist fast die gleiche = $\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{6}{4}$, in drei Fällen war das Scheitelbein länger. Die vordere Hälfte des Schädels übertrifft an Länge die hintere $\frac{1}{8}\frac{0}{8}\frac{6}{}$.

Der Gesichtswinkel nach Broca beträgt im Allgemeinen 77, Maximum 81, Minimum 72.

Der Gesichtswinkel nach Ihering ist = 87,0 darunter sind:

1. *prognathe* = 2
2. *mesognathe* = 10
3. *orthognathe* = 3

Die beiden prognathen Schädel haben ein Alter von 18 Jahren, der eine von ihnen besitzt eine auffallend geringe Capacität.

3. Gouvernement Wologda (Tabelle III).

Die Zahl der Schädel beträgt 17, alle männlichen Geschlechts und von verschiedenen Altersklassen. Es sind fünf Kreise vertreten, wobei die meisten Schädel (5) aus dem Kreise Wologda stammten. Der Inhalt ist im Mittel = 1458, Maximum 1760, Minimum 1246. Das Gewicht ist = 663 grmm., Maximum 832, Minimum 477.

In der *Norma frontalis* ist das Gesicht ein hohes und wenig breites zu nennen. Der Gesichtsindex beträgt 92,2 darunter sind:

1. *chamaeprosop* = 5
2. *leptoprosop* = 12

Die Stirn ist im Allgemeinen breit, hoch und schön geformt, die grosse Frontalbreite von 80 (№ 8) besteht in Folge einer persistirenden Stirnnath. Eine schmale und niedrige Stirn, deren horizontaler Theil schon von den *Tubera frontalia* seinen Anfang nahm, besassen 4 Schädel, bei 5 war die Stirn breit und flach. Die Stirnhöcker sind schwach ausgebildet, in 5 Fällen fand sich ein dritter, gleichgrosser Höcker zwischen den seitlichen, wobei in 3 die drei Höcker gewissermassen untereinander verschmolzen waren. Ein leichter Frontal-

kamm war zweimal bemerkbar. Die *Arcus superciliares* sind nur angedeutet, gut entwickelt waren sie an 6 Schädeln, bei drei aus dieser Zahl verbanden sie sich in der Mittellinie (25, 25 und 41 Jahre).

Die Augenhöhle wie gewöhnlich, ihre Oeffnung hat vorherrschend die länglich viereckige Form, zur Hälfte mit horizontaler, zur Hälfte mit schiefer Queraxe. Eine mehr ellyptische Gestalt besass dieselbe in 6 Fällen. Auffallend niedrig und sehr in die Länge gezogen war dieselbe bei № 9. Der Index ist = 82,0, (mikrosem) davon sind:

1. *mikroseme* = 7
2. *mesoseme* = 7
3. *megaseme* = 3

Die Form der Nasenknochen, des Rückens und ihrer Prominenz ist sehr verschieden, vorherrschend sind mittellange, an der Basis schmälere und an der Spitze breitere Knochen, mit breitem Rücken und leichtem Sattel auf der Mitte des Rückens. In zwei Fällen war der Sattel mehr zur Basis verschoben, er fehlte völlig an 6 Schädeln. An № 9 waren die kleinen Nasenknochen an der Basis mit einander verwachsen, standen gegen einander horizontal und fast unter rechtem Winkel zur Stirn. Der Nasenwinkel ist 124, bei drei Schädeln ist derselbe ziemlich klein. Die Nasenöffnung ist sehr verschieden geformt. Ihr Index ist = 48,0, dabei sind:

1. *leptorhin* = 8
2. *mesorhin* = 8
3. *platyrhin* = 1

№ 10 und 17 zeichnen sich durch eine auffallend breite Nasenwurzel aus, in 5 Fällen war die Breite der Wurzel und Oeffnung eine gleiche, an № 9 übertraf die erstere bedeutend die letztere.

Der Oberkiefer ist hoch und breit $\frac{66}{61}$, wie gewöhnlich schwach gebaut und mit alveolärem Prognathismus bei senkrechter Stellung der Zähne. Hohe und kräftige Kiefern fanden sich nur viermal, einmal ohne *Fossae caninae*, welche letztere überhaupt sehr häufig fehlen. In zwei Fällen fanden sich starke Zwischenräume zwischen sämmtlichen Frontalzähnen, einmal ein Interstitium zwischen den mittleren Schneidezähnen, einmal zwischen den mittleren und äusseren Incisivi und in einem 5ten Falle ein starker Zwischenraum zwischen Incisivi und Canini. Ohne Ausnahme waren diese Anomalien der Zahnstellung nicht von den gleichen des Unterkiefers begleitet. Die Länge und Breite des Unterkiefers verhält sich wie $\frac{18}{9}\frac{2}{7}$, der Winkel ist = 117, die Höhe und die Breite der Aeste $\frac{64}{34}$, der frontale Theil ist schwach entwickelt, das Mentaldreieck prominirt fast bei allen Schädeln.

In der *Norma lateralis* prävalirt die gewöhnliche Umgrenzungslinie in Form einer mehr oder weniger langen Parabel, mit hohem, steil abfallendem und plattem Hinterhaupt. Nur in drei Fällen war bei dieser Contour das Hinterhaupt prominent. Dreimal kam eine regel-

mässige nicht lange Ellypse zur Beobachtung, der hinter und längs der Kranznath herabgehende Sattel war zweimal bemerkbar. An 15 Schädeln war das Pterion beiderseits regelmässig, an einem befand sich in demselben links ein Schaltknochen, an einem zweiten fanden sich Schaltknochen beiderseits. Die *Alae magnae* sind verschieden breit, eben oder concav. Meistentheils existirte ein Schläfenkamm (excl. 3 Schädel). Gewöhnlich waren zwei Schläfenlinien vorhanden, einmal nur die untere, dreimal fehlten sie vollkommen.

In der *Norma verticalis* herrscht die ovale Form, mit der breitesten Stelle an den *Tubera parietalia*, vor; ein sehr kurzes Oval mit ungemein breitem Scheitel bot № 17 dar. Eine breite Ellypse fand sich viermal vor, eine schmale dreimal. Die *Tubera parietalia* waren verhältnissmässig gut entwickelt, kaum zu bemerken waren sie in 5 Fällen. An 16 Schädeln waren sämmtliche Näthe vorhanden, nur an № 16 war der untere Theil der *Sutura coronalis* beiderseits symmetrisch verstrichen. An einem Schädel von 20 Jahren fand sich der Scheitel längs der Pfeilnath eingebogen.

In der *Norma occipitalis* bildete bei der grössten Anzahl der Schädel die Contourlinie ein Viereck mit schwach gewölbtem Scheitel und leicht nach unten convergirenden, fast planen Seiten. Stark convex war die Kuppel in 5 Fällen, darunter bei № 16, verbunden mit nach unten convexer Basis. An zwei Schädeln waren die Seitenlinien nach unten nicht convergent Ein Fünfeck mit Scheitelkamm bildete das Hinterhaupt in 3 Fällen (20, 25 und 31 Jahre). Die Occipitalschuppe ist platt oder sehr wenig prominent. Die *Lineae semicirculares* sind gut ausgebildet, an 9 Schädeln vereinen sich die oberen zu einem transversalen Kamm, welcher in drei Fällen eine scharfe Leiste zum *Foramen magnum* herabsendet, einmal fand sich statt dieser Leiste eine Rinne; eine Spina war in 5 Fällen entwickelt. Bei den 23 und 25jährigen Schädeln existirten drei *Lineae semicirculares*, wobei die Suprema torusähnlich hervorsprang. Die *Processus condyloidei* standen in 8 Fällen tiefer als die *Proc. mastoidei* und in 4 Fällen gleich hoch. Bei № 13 waren die Gelenkfortsätze überhaupt nicht prominent, bei № 12 waren die *Processus mastoidei* so klein, dass die Basis nach unten stark convex sich vorwölbte. An einem Schädel von 18 Jahren waren die Warzenfortsätze auf beiden Seiten in einen vorderen, grösseren und hinteren kleineren Theil geschieden.

In der *Norma basilaris*, welche die gewöhnliche Form darbot, zeichnete sich bei № 13 das *Foramen magnum* durch eine unregelmässige Umgrenzung aus, wobei auch die Gelenkfortsätze nicht symmetrisch gestellt waren, indem der linke, länger als der rechte, nach vorn und innen verschoben war. Der Index des *Foramen magnum* ist 85,7. Das *Foramen jugulare* war links grösser an 4 Schädeln, rechts an 8, beiderseits gleich gross an 5, getheilt war dasselbe zweimal, je einmal rechts und links. Der Gaumen ist ellyptisch, nur bei № 13 nähert er sich der Hälfte eines Kreises, einmal war er unsymmetrisch, indem die rechte Hälfte kleiner war, in zwei Fällen bildete die Mittellinie der *Partes horizontales palatini* einen Längskamm.

Der Breitenindex ist 81,7, also brachycephal, darunter sind:

1. *dolichocephale* = 1
2. *subdolichocephale* = —
3. *subbrachycephale* = 6
4. *brachycephale* = 10

Der einzige dolichocephale Schädel ist № 16, mit beiderseitiger Verwachsung der unteren Hälfte der Kranznath, ein Zustand, der schwerlich auf seine Form einen bestimmenden Einfluss ausgeübt hat. № 16 besitzt den bemerkenswerthen Index von 90,0.

Der Höhenindex ist = 76,1 (hypsocephal), darunter sind:

1. *hypsocephale* = 12
2. *orthocephale* = 3
3. *platycephale* = 2

Die Mittelzahl für den Umfang beträgt 512, Maximum = 545, Minimum = 490; das Maximum fällt mit dem grössten Inhalt zusammen. Der Querbogen ist = 334, Maximum 355, Minimum 310. Der Längsbogen ist = 366, Maximum 390, Minimum 355. Das Verhältniss des Frontalbogens zum Parietalbogen ist 129 : 125, ersterer ist also merklich länger, in 5 Fällen sind beide gleich lang, in 3 ist der letztere länger.

Der Gesichtswinkel nach Broca ist = 76, Maximum = 80, Minimum = 71,

Der Gesichtswinkel nach Ihering beträgt 88,5, wobei die Schädel sich folgendermassen ordnen:

1. *prognathe* = 1
2. *mesognathe* = 12
3. *orthognathe* = 4

4. Gouvernement Kostroma (Tabelle IV).

Als Untersuchungsmaterial dienten 22 Schädel, darunter ein weiblicher (№ 1), ungemein kräftig entwickelter. Die Schädel stammten aus 4 Kreisen, die Hauptzahl (10) aus dem Kreise Tschuchloma, keiner ist über 44 Jahre alt. Der Inhalt beträgt im Mittel 1416, Maximum = 1680, Minimum = 1200. Das Gewicht ist 639 grmm., Maximum = 977 (der weibliche Schädel), Minimum = 462.

Der Gesichtsindex der Schädel beträgt im Mittel 91,4, darunter sind:

1. *chamaeprosope* = 8
2. *leptoprosope* = 14

Die Stirn ist im Allgemeinen breit und ziemlich niedrig, mit einem sehr allmähligen Aufsteigen in den horizontalen Theil, welcher letztere nicht selten seinen Anfang schon mit

den *Tubera frontalia* nimmt. An 4 Schädeln war die Stirn breit und schön gewölbt, № 6 zeichnete sich durch eine sehr schmale Stirn mit hohem vertikalen Theile aus, dessen Stirnhöcker zu einer allgemeinen Erhöhung verschmolzen waren. Bei № 8, 11 und 20 war die Stirn schmal und auffallend flach, № 8 und 11 besassen ausserdem einen mittleren Kamm. Ein dritter mittlerer Stirnhöcker kam 6 mal vor, in einem Falle stand derselbe etwas tiefer als die seitlichen. Meistentheils sind die *Arcus superciliares* schwach entwickelt und in der Mittellinie nicht vereint, stark entwickelt aber getrennt waren sie an № 4, 5, 14, 18, 19 und 20, sehr prominent, zusammengeflossen und überhängend an № 9 und 13.

Der Augenhöhlenindex ist = 84,6 (mesosem), wobei die Formen folgendermassen geordnet sind:

1. *mikroseme* = 9
2. *mesoseme* = 7
3. *megaseme* = 6

№ 22 zeichnet sich durch sehr niedrige, lang-viereckige und schief gestellte Augenhöhlenöffnungen aus. Die am häufigsten vorkommende Gestalt der Oeffnung ist die länglich viereckige, zur Hälfte der Fälle mit schief gestellter Querachse. Fast rein ellyptisch war die Form an 6 Schädeln, an 2 von ihnen ebenfalls mit schief gestelltem Längsdurchmesser.

Der Nasenwinkel ist im Mittel 125, die Nase ist also wenig prominent, mehr einen rechten Winkel mit der Stirn bildet er an № 9, 2 und 12, bei № 9 in Folge der stark entwickelten *Arcus superciliares*. Die häufigste Form und Stellung der Nasenknochen besteht in langen und breiten Knochen mit breitem Rücken und schwachem Sattel auf der Mitte des Rückens, selten liegt der Sattel mehr gegen die Basis hin (№ 6 und 14). Häufig fehlt der Sattel besonders bei schmalen Knochen und scharfem Rücken. Bei № 3 war der rechte Nasenknochen bedeutend breiter als der linke; eine Hakennase, wobei die Knochen an der Spitze verwachsen waren, besassen die Schädel № 13 und 14. Eine fast vollständige Verwachsung existirte bei № 20. Bei № 2 wichen die langen und schmalen Nasenknochen mit der Spitze nach links ab; vollständig horizontal gegeneinander gestellt und ohne jeden Sattel waren dieselben bei № 17. Die Form der *Apertura pyriformis* ist ungemein variabel, der Nasenindex ist = 46,0 (leptorhin), wobei sich die einzelnen Schädel folgendermassen gruppiren:

1. *leptorhine* = 14
2. *mesorhine* = 5
3. *platyrhine* = 3

№ 17 besitzt den jedenfalls seltenen Index von 35,0. Die Breite der Nasenwurzel ist gleich der der Oeffnung, durch eine besonders hohe Breite von 27 zeichnen sich diese beiden Maasse bei № 15 aus.

Der Oberkiefer ist etwas höher als breit $\frac{6}{6}\frac{5}{1}$, im Allgemeinen ist derselbe schwach entwickelt, sehr kräftig ist derselbe an dem weiblichen Schädel № 1. Der Alveolarfortsatz und

die Zähne sind wie gewöhnlich gestellt. Die *Fossae caninae* fehlten vollständig an fünf Schädeln, ihre Ausbildung steht mit der kräftigeren oder schwächeren Kieferbildung in keinem Zusammenhang. Zwischen den vier Frontalzähnen befanden sich Zwischenräume bei № 2, 5 und 6. Bei № 4 fanden sich Interstitia zwischen den mittleren Incisivi und zwischen den äusseren Incisivi und Canini. Bei № 8 und 9 betrug der Zwischenraum zwischen den mittleren Schneidezähnen 0,3 mm. Die Länge und Breite des Unterkiefers beträgt $\frac{1,7}{9}\frac{8}{6}$, sein Winkel 120, bei dem einzigen weiblichen Schädel 129; die Höhe und Breite der Aeste $= \frac{6}{3}\frac{4}{3}$. Den am stärksten entwickelten Unterkiefer besitzt № 22, sowohl der Körper als auch die Aeste sind ungemein breit und lang, zwischen den mittleren Schneidezähnen und nach aussen von den Eckzähnen befinden sich starke Zwischenräume.

In der *Norma lateralis* besassen in Bezug auf die Umgrenzungslinie 12 Schädel eine parabolische Form, und zwar № 1, 15 und 22 in Form einer langen und hohen Parabel, № 2, 7, 12, 13, 17 und 18 als kurze und hohe Parabel und № 3, 4 und 16 als lange und niedrige; bei allen übrigen Schädeln bildete die Contourlinie eine längliche Ellypse mit prominentem Hinterhaupt, kurz und hoch war diese Ellypse bei № 10. Einen leichten Sattel hinter und längs der Kranznath besassen 6 Schädel. Das Pterion war, exclusive 4 Schädel, beiderseits regelmässig, bei № 1 und 4 befand sich je ein Schaltknochen linkerseits, bei № 12 und 16 auf beiden Seiten. An zehn Schädeln waren die *Alae magnae* breit, stark entwickelt und concav, bei drei weiteren vollkommen eben. Der Temporalkamm war durchgängig aber schwach ausgebildet; Schläfenlinien waren gewöhnlich zwei vorhanden, in 7 Fällen fehlten dieselben vollkommen.

In der *Norma verticalis* bildeten diejenigen Schädel, deren Umgrenzungslinie in der Seitenansicht eine parabolische war, fast ohne Ausnahme ein langes und breites oder kurzes und breites Oval, die übrigen waren theils lang, theils kurz (№ 10 und 13) ellyptisch. Drei Schädel gehörten ihrer Form nach zu den sogenannten Schiefschädeln bei intakten Näthen, wobei bei № 4 und 18 die rechte Hälfte mehr nach hinten verlängert war, während bei № 13 die linke Hälfte mehr nach hinten hervortrat. Sämmtliche Näthe waren vorhanden an 20 Schädeln, bei № 8 war die Coronalis und Sagittalis theilweise verwachsen, bei № 20 waren beiderseits die untere Hälfte der Coronalis und die hintere Hälfte der Sagittalis verschwunden.

In der *Norma occipitales* fällt, was die Umgrenzungslinie anbelangt, die grosse Anzahl fünfeckiger Schädel mit Scheitelkamm auf und zwar hat die Hälfte der Schädel diese Form, bei № 8 und 11 nähert sich durch Planwerden der beiden oberen seitlichen Winkel die Gestalt sogar einem Dreieck mit gewölbten Seiten. Die übrige Hälfte (№ 2, 3, 4, 6, 7, 9, 13, 15, 16, 17 und 21) bildet das gewöhnliche Viereck mit leicht convexer Kuppel. Der weibliche Schädel № 1 zeichnet sich durch eine stark concave Scheitellinie in der Gegend zwischen den *Tubera parietalia* aus. Zwölf Schädel besitzen zwei bogenförmige, aber schwach ausgebildete Linien, theils mit theils ohne Spina; stark sind dieselben und zwar die oberen kammartig vereint, von welchem eine scharfe Leiste zum *Foramen magnum* herabzieht, bei № 1. Eine *Linea suprema* besassen 8 Schädel, wobei bei № 9 die obere und mittlere zu

einem starken Torus mit Stachel verschmolzen waren, die zum *Foramen magnum* herabgehende Leiste nahm in diesen Fällen von der mittleren Linie ihren Anfang. Die Gelenkfortsätze standen mit ihren Spitzen tiefer als die *Proc. mastoidei* in 12 Fällen, in gleicher Höhe in 6, waren niedriger als die *Proc. mastoidei* in 4. An № 11 waren die *Proc. mastoidei* stark nach hinten dislocirt, an № 22 war der linke stärker und länger als der rechte.

In der *Norma basiliaris* ist bei № 8 und 11 die lange Basis auffallend. Das Hinterhauptloch ist ellyptisch mit einem Index von 82,8. Das *Foramen jugulare* war links grösser an zwei Schädeln, beiderseits gleichgross an acht und rechts grösser an zwölf. Der Gaumen ist ellyptisch $\frac{4}{3}\frac{5}{6}$, der Querdurchmesser übertrifft die Länge bei № 8, an zwei weiteren Schädeln nähert sich die Form einem Kreise. An № 1, 3, 4 und 22 ist die hintere Hälfte des Gaumen längs der Mittellinie nach unten convex.

Der Breitenindex beträgt im Mittel 81,1 (brachycephal), nach der Scala ist die Ordnung folgende:

1. *dolichocephale* = 2
2. *subdolichocephale* = 3
3. *subbrachycephale* = 4
4. *brachycephale* = 13

№ 8 und 11 sind dolichocephal, der erstere besitzt eine Verwachsung der Kranz- und Pfeilnath, der letztere von 33 Jahren ist völlig normal. Bemerkenswerth ist noch, dass № 20 mit ähnlicher Nathverwachsung wie № 8 rein brachycephal mit einem Index von 83,3 ist.

Der Höhenindex ist im Mittel 75,4 (hypsocephal), darunter sind:

1. *hypsocephale* = 13
2. *orthocephale* = 7
3. *platycephale* = 2

Der dolichocephale Schädel № 11 ist gleichzeitig auch platycephal.

Der Schädelumfang beträgt 512, Maximum = 545, Minimum = 490. Das Maximum des Umfangs und Inhalts fallen zusammen. Der Querbogen ist = 332, Maximum = 360, Minimum = 315, sein Maximum entspricht ebenfalls dem grössten Inhalt, ebenso wie das des Längsbogen, welcher im Mittel 365 ausmacht, Maximum = 395, Minimum = 340. Der Stirnbogen ist unbedeutend länger als der Parietalbogen ($\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{8}{7}$), in 5 Fällen war der letztere länger.

Der Gesichtswinkel nach Broca beträgt im Mittel 76, Maximum = 82, Minimum = 70.

Der Gesichtswinkel nach Ihering ist = 88, wobei die Schädel sich folgendermassen ordnen:

1. *prognathe* = —
2. *mesognathe* = 13
3. *orthognate* = 9

Die beiden dolichocephalen Schädel sind orthognath.

5. Gouvernement Jaroslaw (Tabelle V).

Aus dem Gouvernement Jaroslaw hatte ich die Möglichkeit 22 Schädel zu untersuchen, nämlich 21 männliche und № 20 den einer 27jährigen Frau. Die Schädel gehörten 9 Kreisen an, aus den meisten zu 3 Schädeln. Die Capacität beträgt 1413, Maximum 1610, Minimum 1240; die Schädel wiegen im Mittel 877 grm., Maximum = 910, Minimum 582.

Der Gesichtsindex ist = 89,8, was einem mehr niedrigen und im Allgemeinen breiten Gesichte entsprechen würde; die einzelnen Indices gruppiren sich folgendermassen:

1. *chamaeprosope* = 9
2. *leptoprosope* = 13

Die Stirn ist in der Mehrzahl breit und schön gewölbt, bei einer anderen ebenfalls nicht geringen Anzahl (7) ist dieselbe zwar breit aber ziemlich flach aufsteigend. Ungewöhnlich schmal war dieselbe an № 2, 6 und 14, wobei an № 6 dieselbe nicht nur sehr schmal, sondern auch sehr flach geformt war. № 21 besitzt eine persistirendee Stirnnath, ohne jedoch dabei auffallend breit zu erscheinen. Die *Tubera frontalia* und *Arcus superciliares* sind schwach entwickelt, stark, aber nicht in der Mittellinie vereint, waren die letzteren an № 3, 7, 14 und 21, untereinander verschmolzen und überhängend fanden sie sich an № 11, 17 und 18. № 11 besass einen mittleren Stirnhöcker.

Die Augenhöhlenöffnung erscheint wie gewöhnlich länglich-viereckig ohne aufgeworfene Ränder, wobei die Querachse mehr oder weniger schief gestellt ist. An 8 Schädeln war die Form der Oeffnung eine ellyptische, an № 4 eine vollkommen kreisrunde. Der Index beträgt 82,0 (mikrosem). Gruppirt ergeben sich folgende Formen:

1. *mikroseme* = 10
2. *mesoseme* = 10
3. *megaseme* = 2

Die Nase ist mittelmässig prominent bei einem Winkel von 119, die Zahl der starkprominenten erscheint in diesem Gouvernement als eine verhältnissmässig grosse (10). Die Nasenknochen sind von mittlerer Länge und Breite, an der Basis schmäler als an der Spitze, mit breitem Rücken und flachem Sattel auf der Mitte des Rückens. An 8 Schädeln fehlte der Sattel vollständig, unter dieser Zahl an № 14 und 16 bildete der Rücken im Querschnitt einen halbkreisförmigen Bogen, № 21 besass eine Biegung der Nasenknochen, welche man Hakennase nennen kann. An № 18 nahm der Sattel die Hälfte des Rückens ein, an zwei weiteren Schädeln befand er sich sehr nahe der Basis. Eine sogenannte Stumpfnase fand sich an № 4. An № 19 stand der linke Nasenknochen tiefer als der rechte, an № 2 und 8 waren beide Knochen an der Basis verwachsen, an № 22 an der Spitze. An № 16 und 21 wich die Nase deutlich nach links ab, fast in einer Ebene zu einander stehende Nasenknochen

fanden sich an 4 Schädeln. Die Form der Nasenöffnung ist wie gewöhnlich ungemein verschieden, an № 17 und 22 stand die rechte Hälfte tiefer als die linke. Der Index ist = 48,0 (mesorhin) darunter sind:

1. *leptorhine* = 15
2. *mesorhine* = 4
3. *platyrhine* = 3

Die Nasenwurzel ist ungemein breit, nur in 9 Fällen war dieselbe schmaler als die Oeffnung.

Der Oberkiefer ist höher als breit $\frac{6}{6}\frac{3}{0}$, im Ganzen ist derselbe schwach angelegt, theils mit theils ohne *Fossae caninae* und mit leichtem Prognathismus des Alveolarfortsatzes. Einen stark entwickelten Kiefer mit tiefen *Fossae caninae* besassen № 7, 17 und 19, ohne *Fossae caninae* № 20. Zwischen allen Frontalzähnen fanden sich Zwischenräume bei № 1, ein starkes, 0,5 mm. breites Interstitium zwischen den mittleren, oberen Incisivi bot № 8. An № 9 (45 Jahre) hatten in Folge von Caries fast sämmtlicher Zähne der rechten Hälfte und theilweiser cariösen Veränderung des Knochens selbst fast alle Gesichtsknochen eine exquisit unsymmetrische Form angenommen. Der rechte Oberkiefer erscheint wie eingeknickt und verkürzt, die Nase weicht in Folge dessen stark nach rechts ab, die rechte Augenhöhle steht tiefer und der Unterkiefer ist nach rechts verschoben. Die Länge und Breite des Unterkiefers beträgt $\frac{1}{9}\frac{7}{6}\frac{7}{}$, der Winkel ist = 119, die Höhe und Breite der Aeste $\frac{6}{3}\frac{8}{4}$.

In der *Norma lateralis* besitzt die Umgrenzungslinie bei allen Schädeln, mit Ausnahme von sechs, die Form einer mehr oder weniger langen Ellypse mit Prominenz des Occipitalbogens. Eine langgestreckte Parabel mit plattem Hinterhaupte boten 3 Schädel (№ 1, 18 und 21) dar, eine kurze und hohe Parabel, ebenfalls mit plattem Hinterhaupte № 9, 12 und 20. Einen leichten Sattel hinter und längs der Kranznath besassen № 3 und 21. Das Pterion war beiderseits regelmässig an 20 Schädeln, an № 7 berührten sich die vier Knochen in einem Punkte, beiderseits je ein Schaltknochen fand sich bei № 15. Die Form der grossen Keilbeinflügel ist sehr verschieden, auffallend waren an № 21 beiderseits tiefe Gruben, welche sich längs der Vereinigungslinie zwischen der *Alae magnae* und der *Squama os. temp.* gebildet hatten. Der Schläfenkamm war schwach ausgesprochen, nur an drei Schädeln war derselbe stark prominent. An 13 Schädeln fanden sich zwei Schläfenlinien, nur eine an 4, an 5 waren dieselben nicht entwickelt.

In der *Norma verticalis* bildete die Contourlinie am häufigsten eine Ellypse mit kaum bemerkbaren *Tubera parietalia.* Oval war die Begrenzungslinie an 7 Schädeln, und zwar erschien das Oval mehr kurz und breit an № 4, 12 und 22, mehr in die Länge gezogen an № 10, 16, 17 und 19. Eine Bisquitform besassen die Schädel mit Scheitelsattel. Als leichte Schiefschädel, wobei die rechte Hälfte mehr nach vorn gerückt war und in Folge dessen auch die Gesichtsknochen eine unsymmetrische Stellung angenommen hatten, erschienen № 2, 7, 16, 19 und 22. Hierbei wäre zu bemerken, dass bei sämmtlichen Schiefschädeln, mit Aus-

nahme eines einzigen, die Näthe intakt waren. Alle Näthe waren heil an 14 Schädeln, der hintere Theil der Pfeilnath war verwachsen, wobei als Ausgangspunkt die Gegend der *Foramina parietalia* diente, an № 5, 20, 21 und 22. Die ganze Sagittalis war verschwunden an № 3. Der hintere Theil der Sagittalis und die Lambdoidea theilweise waren verwachsen an № 18; das vordere Drittel der Sagittalis und die mittlere Hälfte der Coronalis waren verschmolzen an № 6; die drei Hauptnäthe waren überall verstrichen an № 9.

In der *Norma occipitalis* zeigte der Schädel das gewöhnliche Viereck mit gewölbtem Scheitel in 10 Fällen, ein Fünfeck mit leichtem Scheitelkamm in 9 und einen ellyptischen Bogen in 3 Fällen. Die *Lineae semicirculares* boten viele Varietäten dar, am häufigsten fanden sich die zwei gewöhnlichen, einmal war nur die obere vorhanden und einmal fehlten beide vollständig, wobei nur die Spina entwickelt war. Nicht selten kamen drei Linien vor (die obere als accessorische), in diesen Fällen bildete die mittlere die Spina und sendete die Leiste zum *Foramen magnum*, oder die Spina lag an der Verschmelzungsstelle der Supremae oder zwischen den oberen und mittleren. An № 19 mit drei Linien war die mittlere torusartig hervorgewölbt. Die Gelenkfortsätze standen tiefer als die *Processus mastoidei* in 10 Fällen, gleich hoch in 7 und erreichten die Spitzen der *Proc. mastoidei* nicht in 5 Fällen. Bei letzterem Stande hatte die Basis den Anschein als ob dieselbe gewaltsam eingebogen wäre.

In der *Norma basilaris* fand sich eine mehr längliche Basis nur an den Schädeln № 7 und 8. Der Index des *Foramen magnum* ist = 80,5. Das *Foramen jugulare* war links grösser in 5, auf beiden Seiten gleich gross in 2 und rechts grösser in 15 Fällen; in zwei Fällen, einmal rechts und einmal links, war dasselbe getheilt. Eine convexe Mittellinie besass der Gaumen an № 2, überhaupt verhielten sich seine Länge und Breite wie 44 : 38, in einem Falle bildete der Alveolarfortsatz die Hälfte eines Kreises.

Der Breitenindex beträgt 79,5 (subbrachycephal). Nach der Scala ordnen sich die Schädel folgendermassen:

1. *dolichocephale* = 1
2. *subdolichocephale* = 4
3. *subbrachycephale* = 9
4. *brachycephale* = 8

Der Schädel № 7 ist dolichocephal, wobei sämmtliche Näthe intakt sind; aus der Zahl der subdolichocephalen besitzt nur № 18 eine theilweise Verwachsung der Sagittalis und Lambdoidea.

Der Höhenindex ist = 75,5 (hypsocephal), darunter sind:

1. *hypsocephale* = 14
2. *orthocephale* = 7
3. *platycephale* = 1

Der einzige platycephale Schädel ist durch Nathverwachsung anomal.

Der Umfang beträgt 512, Maximum 550, Minimum 490, wobei das Maximum des Umfangs nicht mit dem des Inhalts zusammenfällt. Der Querbogen ist = 331, Maximum = 344, Minimum = 320; der Längsbogen beträgt 361, Maximum 385, Minimum 350. Die Frontal- und Parietalbogen sind fast gleich gross $\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{7}{8}$.

Der Gesichtswinkel nach Broca beträgt 77, Maximum = 82, Minimum = 73.

Der Gesichtsindex nach Ihering ist = 88,9, wobei sich die Schädel folgendermassen ordnen:

1. *prognathe* = —
2. *mesognathe* = 13
3. *orthognathe* = 9

6. Gouvernement Twer (Tabelle VI).

Aus dem Gouvernement Twer lagen 29 Schädel vor, darunter 7 weibliche, welche letztere ich zusammen mit den übrigen Frauenschädeln beschreiben werde. Die 22 männlichen Schädel stammten aus 8 Kreisen, die meisten (5) aus Stariza. Die Mittelzahl des Inhalts beträgt 1450, Maximum = 1900, Minimum = 1270. Das Gewicht ist = 659 grmm., Maximum 850, Minimum 402.

In der *Norma frontalis* zeichnet sich die grösste Anzahl der Schädel durch ein breites Gesicht mit breiter und hoher Stirn aus. Der Gesichtsindex ist 89,1 (chamaeprosop), der Scala nach gerechnet, finden sich:

1. *chamaeprosope* = 15
2. *leptoprosope* = 7

An 4 Schädeln war die Stirn breit und niedrig, an zwei schmal und hoch, an weiteren zwei schmal und äusserst platt. № 16 und 22 besitzen eine persistirende Stirnnath, ohne dass jedoch bei dem ersteren die Stirn sich durch eine breitere Form ausgezeichnet hätte. Die Stirnhöcker und *Arcus superciliares* sind schwach entwickelt, drei Tubera kommen zweimal zur Beobachtung; starke, aber in der Mittellinie nicht vereinte Arcus finden sich an fünf Schädeln, bei № 7 sind dieselben stark entwickelt, verschmolzen und überhängend.

Die Augenhöhlenöffnung hat die gewöhnliche länglich-quadratische Form an 16 Schädeln, an 10 von ihnen steht die Queraxe mehr oder weniger schief. An 6 Schädeln besitzt die Oeffnung eine ellyptische Form. Der Index ist 84,6 (mesosem), darunter sind:

1. *mikroseme* = 14
2. *mesoseme* = 5
3. *megaseme* = 2

Die Nase ist wenig prominent, der Winkel beträgt 126. Die Knochen sind wie ge-

wöhnlich geformt, durch sehr lange und breite Knochen zeichneten sich 5 Schädel aus, an, № 8 bildeten dieselben ein kurzes horizontalgestelltes Dreieck. Der Sattel fehlte in 8 Fällen eine Hakennase kam einmal vor, kurz und an der Basis verwachsen waren die Knochen an № 21, völlig untereinander verwachsen an № 4, 19 und 20; lang und zu einander in einer Ebene aufgestellt waren dieselben an № 22. Der rechte Knochen war um das Doppelte breiter als der linke an № 9. Zweimal wich die Nase nach rechts und einmal nach links ab; die rechte Hälfte der *Apertura pyriformis* stand tiefer an № 18. Der Index der Nasenöffnung beträgt 46,0 (*leptorhin*), unter dieser Zahl befinden sich:

1. *leptorhine* = 18
2. *mesorhine* = 3
3. *platyrhine* = 1

Die Breite der Nasenwurzel übertrifft die der Oeffnung in 6 Fällen.

In Bezug auf den Oberkiefer wäre zu bemerken, dass seine Länge im Vergleich zur Breite eine etwas grössere als gewöhnlich ist, nämlich $\frac{64}{60}$, im Uebrigen besitzt er die schon oft erwähnte Form und Eigenschaften. Zwischenräume zwischen den mittleren Frontalzähnen kamen zweimal vor, eben so oft Zwischenräume zwischen sämmtlichen oberen Frontalzähnen. Die Länge und Breite des Unterkiefers ist $\frac{180}{90}$, die der Aeste $\frac{64}{33}$, der Winkel beträgt 120.

In der *Norma lateralis* besitzen 14 Schädel eine ellyptische Begrenzungslinie mit mehr oder weniger prominentem Occipitale, eine langgestreckte Parabel kam bei 7 Schädeln vor, eine kurze und hohe Parabel bei einem (№ 4). Ein leichter Sattel hinter und längs der Kranznath findet sich an 4 Schädeln. Das Pterion ist beiderseits regelmässig an 19 Köpfen, die vier Knochen verbinden sich rechts in einem Punkte an einem, rechts findet sich ein Schaltknochen an einem und links an einem. Ein starker Temporalkamm kam viermal zur Beobachtung, nicht ausgebildet war er in 6 Fällen. In gleicher Proportion kamen zwei oder nur eine Schläfenlinie vor.

In der *Norma verticalis* ist die Contourlinie ellyptisch an 9 Schädeln, kurz und breitoval an 6, langoval an 7. Die *Tubera parietalia* verhalten sich je nach der Form der Umgrenzungslinie. № 13 und 15 sind leichte Schiefschädel mit Anomalien der Näthe, bei № 13 weicht die linke Hälfte mehr nach hinten ab, bei № 15 mehr die rechte. An 13 Schädeln sind sämmtliche Näthe vorhanden, die hintere Hälfte der Pfeilnath ist theilweise verstrichen an № 1, 7, 10, 13, 14 und 18. Die ganze Sagittalis ist verschwunden an № 20, die hintere Hälfte der Sagittalis und die Vereinigungsstelle derselben mit der Lambdoidea sind verstrichen an № 15 und die drei Hauptnäthe sind obliterirt an № 4.

In der *Norma occipitalis* findet sich als Form der Begrenzungslinie ein Viereck mit gewölbtem Scheitel an 12 Schädeln, ein Fünfeck mit leichtem Scheitelkamm an 9 und ein ellyptischer Bogen an № 1. Zwei schwache halbkreisförmige Linien besitzen 9 Schädel, zwei stark ausgesprochene wobei, sich die oberen in eine Spina und als vertikale Leiste fortsetzen,

bieten zwei Schädel. An den übrigen Köpfen finden sich drei mehr oder weniger ausgebildete Linien mit den oben beschriebenen Variationen, eine Torusbildung kam nur an № 16 als wulstig eHervorragung desiZwischenraums zwischen der accessorischen und oberen Linie vor. Die *Processus condyloidei* standen tiefer als die *Proc. mastoidei* in 12 Fällen, in einer Höhe in 2 und in 8 höher. An № 15 waren die schwachen *Lineae semicirculares* ungleichmässig und zwar die linken tiefer als die rechten gestellt, vielleicht in Folge einer ungleichen Wirkung der Nackenmuskulatur. An demselben Schädel war der rechte Gelenkfortsatz in eine vordere grössere und hintere kleinere Partie getheilt und überhaupt viel schwächer ausgebildet als der nicht getheilte linke; auch die *Foramina condyloidea* boten Unregelmässigkeiten dar.

In der *Norma basilaris* besitzt das *Foramen magnum* einen Index von 85,7. Das *Foramen jugulare* ist links grösser in 5 Fällen, beiderseits gleichgross in 7, rechts grösser in 10. Der Gaumen bietet nichts Ungewöhnliches dar, seine Länge und Breite ist $\frac{4}{3}\frac{5}{7}$, die Form des *Alveolarrandes* in allen Fällen ellyptisch.

Der Breitenindex beträgt 82,7 (*brachycephal*), darunter sind:

1. *dolichocephale* = —
2. *subdolichocephale* = —
3. *subbrachycephale* = 5
4. *brachycephale* = 17

Trotz der verschiedenen Anomalien der Näthe nähert sich kein Schädel der *Dolichocephalie.*

Der Höhenindex ist = 75,8 (*hypsocephal*), der Reihe nach geordnet finden sich:

1. *hypsocephale* = 13
2. *orthocephale* = 9
3. *platycephale* = —

Der Schädelumfang beträgt im Mittel 514, Maximum = 548, Minimum = 490; Maximum und Minimum entsprechen hierbei den gleichen Zahlen des Inhalts. Der Querbogen ist = 334, Maximum = 365, Minimum = 318. Der Längsbogen beträgt 362, Maximum = 390, Minimum = 340, beide letztere entsprechen denselben Werthen des Inhalts. Der Frontalbogen übertrifft den Parietalbogen an Länge ($\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{7}{5}$), der kolossal entwickelte Schädel № 1 hat seine Dimensionen und Inhalt hauptsächlich einer stärkeren Entwickelung des Stirnbeins zu verdanken.

Der Gesichtswinkel nach Broca beträgt 76, Maximum = 85, Minimum = 71.

Der Gesichtswinkel nach Ihering beträgt 87,7 (*mesognath*), unter dieser Zahl sind enthalten:

1. *prognathe* = —
2. *mesognathe* = 21
3. *orthognathe* = 1

7. Gouvernement Nowgorod (Tabelle VII).

Aus dem Gouvernement Nowgorod kamen 17 männliche Schädel zur Untersuchung, dieselben stammten aus 8 Kreisen, die meisten (7) aus Waldai. Unter den letzteren gehörte № 8 der jetzt lebenden Generation an, № 11—17 stammten aus einem früheren jedoch noch historischen Zeitalter, waren durch die Ausgrabungen von A. Wolkenstein erhalten und exclusive № 11, von demselben auch gemessen und beschrieben. Die Messungen wurden von mir wiederholt theils um zur Vergleichung mit der jetzigen Generation zu dienen, theils um das ohnehin nicht zahlreiche Material dieses Gouvernements zu vergrössern.

Die Mittelzahl für den Inhalt ist 1451, Maximum = 1668, Minimum = 1176, das Gewicht beträgt 657 grm., Maximum = 875, Minimum = 417.

Der Gesichtsindex beträgt 89,0 (chamaeprosop), unter dieser Zahl befinden sich:

1. *chamaeprosope* = 9
2. *leptoprosope* = 7

Die Stirn ist von sehr verschiedener Breite, eine schön gewölbte mit ausgedehntem vertikalen Theile war an 8 Schädeln zu bemerken, an den übrigen war der Stirntheil flach und stark zurückweichend, besonders an № 13 und 16. Ein mittlerer Frontalkamm kam zweimal vor. Die *Tubera frontalia* und *Arcus superciliares* waren wie gewöhnlich schwach entwickelt, stark waren die letzteren in 6 Fällen und an № 17 in der Mittellinie vereint aber nicht überhängend.

Der Index der Augenhöhlenöffnung beträgt 82,0 (mikrosem), in dieser Zahl sind enthalten:

1. *mikroseme* = 7
2. *mesoseme* = 9
3. *megaseme* = 1

Die Form der Oeffnung unterscheidet sich in nichts von der der vorhergehenden Gouvernements, ellyptisch mit schiefer Queraxe war dieselbe an № 1 und 10. An № 12 besass die Oeffnung beiderseits die Gestalt eines sehr unregelmässigen Vierecks indem die innere Seite um die Hälfte kleiner als die äussere war und der untere Rand stark nach aussen und unten abwich.

Die Nase ist mittelmässig prominent mit einem Winkel von 123, stark hervorragend ist dieselbe nur an 4 Schädeln. Die Knochen sind meistentheils lang und breit mit breitem

Rücken und leichtem Sattel an der gewöhnlichen Stelle, der Sattel fehlte an 4 Schädeln. Die Nase wich stark nach rechts ab an № 9, an № 10 waren die Knochen in ihrer ganzen Ausdehnung verwachsen, an № 17 nur an der Spitze. Der Index ist = 50,0, nach der Scala finden sich:

1. *leptorhine* = 5
2. *mesorhine* = 8
3. *platyrhine* = 4

Die 4 platyrhinen Schädel gehören zu den 6 von Wolkenstein ausgegrabenen.

Der Oberkiefer ist etwas höher als breit ($\frac{6}{6}\frac{3}{0}$), an den Schädeln № 3 und 17 zeichnet er sich durch seine Höhe aus. Sein Entwickelungsgrad schwankt sehr bedeutend, wobei als ungewöhnliche Erscheinung die Zahl der stark entwickelten Kiefer eine besonders grosse ist. Die *Fossae caninae* fehlen oder sind vorhanden ohne dass ihr Vorkommen in irgend einer Beziehung zur Stärke oder Schwäche des Knochen selbst steht. An einem Schädel betrug der Zwischenraum zwischen den oberen, mittleren Incisivi 0,5 mm., an № 2 fanden sich Zwischenräume zwischen sämmtlichen oberen Incisivi und im Unterkiefer zwischen den mittleren Schneidezähnen. Die Länge des Unterkiefers verhält sich zu seiner Breite wie 185 : 95, dieselben Werthe der Aeste wie 62 : 34, der Winkel beträgt 117.

In der *Norma lateralis* bildet die Umgrenzungslinie eine Ellypse in 8 Fällen und eine Parabel mit plattem Hinterhaupte in 9 Fällen. Eine sattelartige Einbiegung hinter und längs der Kranznath kam vor bei № 2, 6, 11 und 17. An № 11 befand sich der Sattel nicht an der gewöhnlichen Stelle sondern war mehr gegen die Mitte des Parietale verrückt. Das Pterion erschien beiderseits regelmässig an allen Schädeln mit Ausnahme von № 12, an welchem sich in demselben beiderseits Schaltknochen befanden. Schläfenlinien waren gewöhnlich zwei, schwach ausgebildete vorhanden, meistentheils war auch der Schläfenkamm schwach entwickelt.

In der *Norma verticalis* bildete die Contourlinie in der Mehrzahl der Fälle ein theils kurzes, theils langes Oval, dessen breiteste Stelle den schwach entwickelten Scheitelhöckern entspricht. Eine mehr ellyptische Form der Schädelcurve war an № 6, 7, 8, 9, 10, 11 und 17 zu beobachten. № 8 und 16 sind leichte Schiefschädel mit Abweichen der linken Hälfte nach hinten, ohne dass irgend welche Nathanomalien zu bemerken wären. An 9 Schädeln waren alle Näthe vorhanden, an № 3, 4, 7 und 8 war der hintere Theil der Pfeilnath verstrichen, der hintere Theil der Sagittalis und die Mitte der Lambdoidea fehlten an № 10, die drei grossen Naethe waren theilweise verschwunden an № 11, 14 und 17.

In der *Norma occipitalis* herrschte die fünfeckige Schädelform mit leichtem Scheitelkamm vor (11), nur 4 Schädel № 1, 3, 4 und 8 boten das gewöhnliche Viereck mit gewölbter Kuppel. An № 5 und 6 hatte die Begrenzungslinie mehr die Form einer Ellypse, wobei bei № 6 sich ausserdem ein leichter Scheitelkamm vorfand. In der Mehrzahl der Fälle waren zwei halbkreisförmige Linien vorhanden und nur in 4 Fällen war eine dritte, obere,

accessorische bemerkbar. Die *Spina occipitalis* war meistentheils nicht ausgebildet. Die Gelenkfortsätze standen tiefer als die *Processus mastoidei* in 11 Fällen, in gleicher Höhe in 3 und höher ebenfalls in 3. An № 17 war der rechte Gelenkfortsatz bedeutend grösser und breiter als der linke.

In der *Norma basilaris* ist der Index des *Foramen magnum* = 82,8, wobei sich № 13 durch ein kreisrundes Hinterhauptsloch auszeichnet. Das *Foramen jugulare* ist auf der rechten Seite grösser in 9 Fällen (zweimal getheilt), ist auf der linken Seite grösser in 6, beiderseits gleichgross in 2. Die Länge und Breite des Gaumens beträgt $\frac{45}{38}$, wobei sich an zwei Schädeln ein längs der Mittellinie convexes Gaumengewölbe findet.

Der Breitenindex beträgt 81,1 (brachycephal), unter dieser Zahl finden sich:

1. *dolichocephale* = —
2. *subdolichocephale* = 3
3. *subbrachycephale* = 3
4. *brachycephale* = 11

№ 2, 11 und 14 sind *subdolichocephal*, unter dieser Zahl ist № 2 ein vollständig normaler Schädel, während № 11 und 14 durch theilweise Verwachsung der drei Hauptnäthe ausgezeichnet sind.

Der Höhenindex ist = 77,1 (hypsocephal), der Scala nach geordnet sind:

1. *hypsocephal* = 12
2. *orthocephal* = 5
3. *platycephal* = —

Der Umfang beträgt im Mittel 512, Maximum = 550, Minimum = 455, wobei die beiden letzteren Werthe mit den gleichen des Inhalts zusammenfallen. Der Querbogen beträgt 335, Maximum = 357, Minimum = 320. Der Längsbogen ist im Mittel = 365, Maximum = 380, Minimum = 348. Die Länge des Frontalbogens ist bedeutend geringer als die des Parietalbogens ($\frac{124}{128}$) am voluminösesten Schädel ist die Länge beider Bogen eine gleiche.

Der Gesichtswinkel nach Broca beträgt 76, Maximum = 80, Minimum = 69.

Der Gesichtswinkel nach Ihering beträgt 87, unter dieser Zahl befinden sich:

1. *prognathe* = 2
2. *mesognathe* = 12
3. *orthognathe* = 3

Die beiden prognathen Schädel gehören zu den von Wolkenstein im Kreise Waldai ausgegrabenen, welche sich auf Grund der ebenangegebenen Beschreibung, wenn überhaupt

aus der geringen Anzahl von Schädeln Schlüsse zu ziehen erlaubt ist, sich höchstens durch eine grössere Neigung zum Prognathismus und einer mehr platyrhinen Nasenbildung von den übrigen unterscheiden. Eine Parallele zwischen den Schädeln, aus der Periode der Jalnikis und denen der jetzt lebenden Generation werde ich erst später ziehen.

8. Gouvernement St. Petersburg (Tabelle VIII).

Aus dem Petersburger Gouvernement wurden 14 männliche Schädel zur Untersuchung genommen, dieselben stammten aus 7 Kreisen, die meisten (3) aus Luga. Die Mittelsumme für den Inhalt beträgt 1451, Maximum = 1912, Minimum = 1280. Die Schädel wiegen im Mittel 703 grm. als Maximum die ungewöhnliche Schwere von 1100 grm., Minimum = 530.

Der Gesichtsindex beträgt 90,7, der Scala nach geordnet finden sich:

1. *chamaeprosope* = 5
2. *leptoprosope* = 9

Durch besondere Höhe bei geringer Breite zeichnen sich № 11 und 13 aus. Die Stirn war in den meisten Fällen gut gewölbt, 5 Schädel besassen eine niedrige und sehr allmählig zurückweichende. Die Vorsprünge der Stirn sind wie gewöhnlich schwach entwickelt, starke und in der Mittellinie vereinte *Arcus superciliares* besitzt № 1, an № 6 und 9 sind die Arcus zwar prominent aber nicht vereint; an dem letztgenannten Schädel findet sich ausserdem ein dritter mittlerer Höcker.

Die Augenhöhlenöffnung besitzt die gewöhnliche, länglich viereckige Form, zur Hälfte der Fälle mit schief gestellter Queraxe. Eine ellyptische Umgrenzung kam viermal vor, an № 13 eine mehr kreisförmige. Der Index ist = 86,1 (mesosem), unter dieser Zahl befinden sich:

1. *mikroseme* = 8
2. *mesoseme* = 4
3. *megaseme* = 2

Die Nase ist mittel prominent bei einem Winkel von 124. Die Nasenknochen besitzen die gewöhnliche Form, schmal und kurz waren sie an № 4 und 8, in eine Fläche gestellt an № 3 und 11. Der Sattel fehlte in 4 Fällen. Die Knochen waren untereinander verwachsen an № 14. An № 2 und 10 wich die Richtung der Nase stark nach rechts ab, wobei auch das rechte Nasenloch tiefer stand. Der Index ist = 46,0 (leptorhin), nach der Scala geordnet finden sich folgende Formen:

1. *leptorhine* = 10.
2. *mesorhine* = 3.
3. *platyrhine* = 1.

Die Breite der Nasenwurzel ist eine bedeutende.

Der Oberkiefer ist mehr hoch als breit ($\frac{65}{61}$), schwach entwickelt, sowie mit als ohne *Fossae caninae* fand er sich in 8 Fällen, stark ausgebildet und mit *Fossae caninae* in 6. Die Länge und Breite des Unterkiefers ist $\frac{182}{96}$, die Höhe und Breite der Aeste = $\frac{63}{34}$, der Winkel beträgt 119.

In der Seitenansicht bildet die Umgrenzungslinie in 9 Fällen eine mehr oder weniger lange Ellypse mit prominentem Occipitale und nur in 5 Fällen eine kurze und hohe Parabel mit flachem Hinterhaupte. Ein leichter Sattel hinter und längs der Kranznath ist an № 3, 4 und 12 bemerkbar. An 11 Schädeln ist das Pterion beiderseits regelmässig, an einem findet sich in demselben ein Schaltknochen auf der linken Seite, an zwei anderen auf der rechten. Gewöhnlich sind zwei Schläfenlinien erkennbar zusammen mit einem schwach entwickelten Temporalkamm.

In der Ansicht von oben herrscht ebenfalls die ellyptische Form der Contourlinie vor zusammen mit kaum sichtbaren *Tubera parietalia*, ein langes Oval besass № 11, ein kurzes und breites № 3 und 13. An 9 Schädeln waren sämmtliche Näthe vorhanden, an № 5, 6 und 13 waren die Sagittalis und der mittlere Theil der Lambdoidea stellenweise verstrichen. Nur die Pfeilnath war verschwunden an № 9, die drei grossen Näthe waren verwachsen an № 14.

In der Ansicht von hinten boten 8 Schädel die gewöhnliche viereckige Form mit schwach gewölbtem Scheitel, an 6 bildete die Umgrenzungslinie ein Fünfeck mit leichtem Scheitelkamm. Die Schädel mit Nathverwachsung fanden sich unter beiden ebengenannten Formen. Halbkreisförmige Linien waren zwei vorhanden, bald stark, bald schwach entwickelt, eine Suprema fand sich nur an № 8. Ein oberer Torus war an № 11 bemerkbar. Die *Processus condyloidei* übertrafen an Höhe die *Proc. mastoidei* an 6 Schädeln, waren von gleicher Höhe an 5 und niedriger an 3.

In der Ansicht von unten war das *Foramen jugulare* auf der linken Seite grösser in 7 Fällen; auf beiden Seiten gleich gross in 4 und rechts grösser in 3. Der Index des *Foramen magnum* ist 85,7. Die Länge und Breite des Gaumen = $\frac{47}{38}$, an № 2 war der mittlere Theil des Gaumen, besonders in seinem hinteren Theile leicht nach unten convex.

Die Mittelzahl für den Breitenindex beträgt 81,3 (brachycephal), der Scale nach geordnet sind:

1. *dolichocephal* = 1
2. *subdolichocephal* = 1
3. *subbrachycephal* = 2
4. *brachycephal* = 10

Dolichocephal ist № 5 mit Verwachsung der Sagittalis und der Mitte der Lambdoidea; der *subdolichocephale* Schädel № 14 ist ebenfalls wegen Nathverwachsung anomal. Die beiden *subbrachycephalen* Schädel sind völlig normal.

Der Höhenindex ist 75,7 (hypsocephal), darunter finden sich:

1. *hypsocephale* = 10
2. *orthocephale* = 2
3. *platycephale* = 2

Der eine platycephale Schädel № 5 ist anomal, der andere № 12 völlig normal.

Der Umfang beträgt 520, Maximum = 555, Minimum = 487, beide letztere Werthe fallen mit den gleichen des Inhalts zusammen. Der Querbogen ist = 335, Maximum = 361, Minimum = 311, das Maximum entspricht dem des Inhalts. Der Längsbogen beträgt 366, Maximum = 398, Minimum = 342, beide letztere Werthe entsprechen ebenfalls den gleichen des Inhalts. Die Länge des Frontalbogens übertrifft etwas die des Parietalbogens ($\frac{127}{125}$), an dem kolossal entwickelten Schädel № 1 sind beide Bögen gleich lang, ebenso wie beide Hälften des Schädels.

Der Gesichtswinkel nach Broca ist = 75, Maximum = 81, Minimum = 69.

Der Gesichtswinkel nach Ihering beträgt 87,5, nach der Scala geordnet sind:

1. *prognath* = 1
2. *mesognath* = 10
3. *orthognath* = 3

Den geringsten Gesichtswinkel sowohl nach Broca als auch nach Ihering besitzt № 2, welcher sonst völlig normal formirt ist.

9. Gouvernement Pskow (Tabelle IX).

Aus dem Pskowschen Gouvernement wurden 13 männliche Schädel untersucht, welche aus 5 Kreisen stammten, die meisten (4) aus Welikije-Luki. Der Inhalt beträgt im Mittel 1396, Maximum = 1570, Minimum = 1200. Die Schwere der Schädel beträgt 661 grm., Maximum = 860, Minimum = 535.

Der Gesichtsindex erreicht die ungewöhnliche Zahl 92,2, welche ein hohes und verhältnissmässig schmales Gesicht vorstellt. Der Scala nach geordnet finden sich:

1. *chamaeprosope* = 3
2. *leptoprosope* = 10

Die Stirn ist mittelbreit, gut gewölbt, aber nicht sehr hoch, an 3 Schädeln ist dieselbe schmal, an № 2, 4, 5 und 12 sehr flach und zurückliegend. Die verhältnissmässig grosse Stirnbreite an № 6 und 8 hängt von einer persistirenden Stirnnath ab. Die *Tubera frontalia* sind verschieden entwickelt, ein dritter, mittlerer Höcker findet sich an № 5. Die *Arcus*

superciliares sind schwach ausgesprochen; gut bemerkbar, aber in der Mittellinie nicht vereint, kommen sie an № 2, 3, 8 und 12 vor.

Die Augenhöhlenöffnung ist wie gewöhnlich länglich viereckig, theils mit schiefer, theils mit horizontaler Queraxe, ellyptisch ist ihre Form nur an drei Schädeln. Der Index ist = 84,6 (mesosem) wobei sich folgende Arten finden:

1. *mikroseme* = 10
2. *mesoseme* = —
3. *megaseme* = 3

Die Nasenknochen sind lang und breit, mit mittelbreitem Rücken und Sattel auf der Mitte des Rückens. An zwei Schädeln fehlte der Sattel, an 2 weiteren fand er sich zwischen dem oberen und mittleren Drittel des Rückens. Die beiden Knochen waren theilweise untereinander verwachsen an № 3 und 4, an № 8 bildete der rechte Nasenknochen fast allein das knöcherne Dach, während der linke, rudimentär entwickelt, das Frontale nicht erreichte. An № 11 wich die Nase etwas nach links ab. Der Index ist = 46,0 (leptorhin), unter dieser Zahl finden sich:

1. *leptorhine* = 11
2. *mesorhine* = 1
3. *platyrhine* = 1

Die Nasenwurzel ist wie gewöhnlich sehr breit.

Der Oberkiefer zeichnet sich durch seine grosse Länge aus ($\frac{96}{60}$), seine Entwickelung ist in der Hälfte der Fälle eine schwache, wobei die Fossae an 5 Schädeln völlig fehlen. An № 3 und 12 fand sich ein 0,5 mm. breiter Zwischenraum zwischen sämmtlichen Frontalzähnen. Eine sehr unregelmässige Stellung besassen die Zähne an № 6, indem fast alle theilweise um ihre Axe gedreht waren. Die Länge und Breite des Unterkiefers beträgt $\frac{183}{100}$, die Aeste $\frac{64}{33}$, der Winkel ist = 119.

In der *Norma lateralis* herrscht die parabolische Form der Umgrenzungslinie vor (8 Schädel) theils als kurze, theils als lange Parabel mit sehr flacher Hinterhauptscurve. Ein ellyptische Umgrenzung mit leicht prominentem Occipitale war nur an 5 Schädeln zu bemerken. Einen Sattel hinter und längs der Kranznath besass № 5. Das Pterion war beiderseits regelmässig in 11 Fällen (darunter an № 8 in Gestalt einer stark concaven Furche), in zwei Fällen fanden sich Schaltknochen auf der linken Seite. Gewöhnlich waren zwei schwache Schläfenlinien ausgebildet, dieselben fehlten an 3 Schädeln. Ein schwacher Schläfenkamm fand sich an 7 Schädeln.

In der Ansicht von oben bildet die Schädelcurve ein kurzes oder langes Oval mit der breitesten Stelle an den schwach entwickelten Scheitelbeinhöckern an 9 Schädeln; mehr der Form einer Ellypse näherte sich die Contour an № 1, 4, 9 und 10. Mit Ausnahme von drei waren an allen übrigen Schädeln die Näthe intakt, an № 2 war die Sagittalis und der mittlere

Theil der Coronalis verstrichen, an № 3 fehlte das vordere und hintere Drittel der Sagittalis, stellenweise die Lambdoidea und der linke, temporale Theil der Coronalis; an № 4 waren die drei grossen Näthe vollständig verwachsen.

In der *Norma occipitalis* besass die Umgrenzungslinie an 5 Schädeln eine viereckige Form mit leicht gewölbter Kuppel, 6 weitere Schädel bildeten als Contour ein Fünfeck mit Scheitelkamm. № 1 hat eine ellyptische Umgrenzung mit ebener Basis. № 8 bildet ein Oval, dessen Seiten gegen die Basis hin stark convergiren. Gewöhnlich sind zwei *Lineae semicirculares* vorhanden, in einem Falle sind die oberen torusartig vorgewölbt; an 4 Schädeln fand sich noch eine obere accessorische, welche ebenfalls an einem Schädel den Charakter eines Torus annahm. An № 1 fehlte die *Linea semicircularis superior* und an ihrer Stelle fand sich nur eine leichte Spina. Die *Processus condyloidei* waren weiter als die *Proc. mastoidei* nach unten verlängert in 6 Fällen, mit letzteren von gleicher Höhe in 4 und erreichten die Ebene der Spitzen der *Proc. mastoidei* nicht in 3 Fällen.

Der Index des *Foramen magnum* beträgt 91,1, wobei unter dieser Zahl zwei vollständig kreisförmige Hinterhauptslöcher enthalten sind. Das *Foramen jugulare* ist auf der linken Seite grösser in 6 Fällen und auf der rechten Seite grösser in 7. Die Länge und Breite des Gaumen ist $\frac{45}{38}$, an № 13 nähert sich, zugleich mit einem kreisrunden Hinterhauptsloch, auch die Contour des Alveolarfortsatzes der Hälfte eines Kreises.

Der Breitenindex beträgt im Mittel 82,1 (brachycephal), der Scala nach geordnet finden sich folgende Formen:

1. *dolichocephale* = —
2. *subdolichocephale* = —
3. *subbrachycephale* = 3
4. *brachycephale* = 10

Trotzdem sich an drei Schädeln Nathverwachsungen finden, welche auf die Form des Breitenindex durch Retention des Wachsthums in die Breite hätten einen Einfluss ausüben können, findet sich doch kein einziger dolichocephaler Schädel.

Der Höhenindex beträgt 75,8 (hypsocephal), der Reihe nach geordnet finden sich:

1. *hypsocephale* = 7
2. *orthocephale* = 6
3. *platycephale* = —

Der Umfang ist = 512, Maximum = 535, Minimum = 490, nur das Maximum entspricht dem des Inhalts. Der Querbogen ist = 330, Maximum = 343, Minimum = 320; der Längsbogen beträgt 360, Maximum = 390, Minimum = 333; sein Maximum fällt mit dem des Inhalts zusammen. Der Frontalbogen übertrifft den Parietalbogen bedeutend an Länge ($\frac{128}{125}$), ebenso wie die Länge der vorderen Hälfte des Schädels die der hinteren ($\frac{101}{90}$).

Der Gesichtswinkel nach Broca ist = 74, Maximum = 77, Minimum = 69.

Der Gesichtswinkel nach Ihering beträgt 88,9, unter dieser Zahl befinden sich:

1. *prognathe* = —
2. *mesognathe* = 8
3. *orthognathe* = 5

Vergleichung der Gouvernements unter einander.

Bei einer Anzahl von 160 männlichen Grossrussenschädeln ist es nicht so schwer den speziell dem Untersuchungsmateriale zukommenden Typus und die Variationen des letzteren zu bestimmen. Ich behalte mir dieses und ebenso die Beschreibung des weiblichen Grossrussenschädels für ein späteres Kapitel vor. Viel schwieriger und unsicherer aber ist es Unterschiede auffindig zu machen, welche die männlichen Schädel aus den einzelnen Gouververnements charakterisiren könnten, dafür ist z. B. schon der Vorrath an Schädeln, wie dreizehn oder fünfzehn aus dem Gouvernement, viel zu gering. Wenn ich doch den Versuch mache wenigstens allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen, die auf gewisse Eigenthümlichkeiten der einzelnen Gouvernements hinweisen könnten, so ist der leitende Grundgedanke hierbei der, dass für die grossrussische Craniologie zwar Gouvernementsgrenzen im engeren Sinne des Wortes nicht vorhanden sein können, wohl aber Besonderheiten, welche für bestimmte geographische aber nicht administrative Distrikte einen unterschiedlichen Charakter ergeben. Die Grossrussen haben sich von verschiedenen, so zu sagen centralen Punkten fächerartig nach Norden, Osten und Westen ausgebreitet. Auf ihrer Wanderung fanden sie überall eine autochtone Bevölkerung schon vor. Diese Ureinwohner wurden allmählig vollständig dem neuhinzugekommenen Elemente assimilirt, oder sie lebten an Seite der Grossrussen, theils mit denselben vermischt, theils getrennt, weiter fort. Die vollständige Assimilation trat wahrscheinlich an den Stellen am schnellsten ein, an welchen die Grossrussen die numerische und moralische Uebermacht besassen, an andern, wo die Urbevölkerung zu zahlreich war oder in ihrer Cultur die Kraft besass einen erfolgreichen Widerstand zu leisten, mussten die einwandernden Grossrussen bei der Vermischung mit den Ureinwohnern gewisse Eigenschaften dieser letzteren in sich aufnehmen, welche modificirend auf die Reinheit des mitgebrachten Typus einwirkten. Wir nennen einen Schädeltypus rein, wenn derselbe nur in engen Grenzen schwankt, im Gegentheil je verschiedenartiger die Form und Eigenschaften der Schädel eines Stammes beschaffen sind, desto vollständiger ist der ursprünglich reine Typus durch Vermischung mit fremden Elementen verloren gegangen. Betrachten wir die Tabelle X mit den Mittelzahlen sämmtlicher Gouvernements, so finden wir anscheinlich die grösste Uebereinstimmung zwischen den Schädeln der Bewohner aller angeführten administrativen Distrikte. Diese Mittelzahlen können aber nur einen relativen Werth beanspruchen

und können nur zum Beweise dienen, dass überhaupt Repräsentanten eines und desselben Volksstammes als Untersuchungsobjekt dienten. Einen Aufschluss über Unterschiede zwischen den Gouvernements geben nur die Schädel jeder für sich genommen und je nach ihrer Qualität zu Gruppen geordnet.

Als Grundprinzip der wissenschaftlichen Craniometrie in Bezug auf die Eintheilung der Schädel hat man von jeher den Breitenindex und die Form des Gesichtswinkels benutzt, auch ich will diese beiden Werthe zum Zwecke der Sortirung vorausgehen lassen. Unter der Zahl der von mir untersuchten männlichen Schädel befindet sich eine gewisse Anzahl mit Verwachsung einer oder mehrerer Näthe, jedoch ohne auffällige Deformität. So ungern auch dieselben, hauptsächlich zum Zwecke der Vermehrung des Materials, von mir aufgenommen wurden, war ihre Untersuchung doch aus mehreren Gründen wünschenswerth. Am zahlreichsten sind in dieser Hinsicht die Schädel an denen die Pfeilnath entweder ganz oder nur in ihrer hintern Hälfte verwachsen war, manchmal war gleichzeitig auch ein geringes Stück des mittlern Theils der Lambdoidea ebenfalls verschwunden. Solche anomalen Schädel verhielten sich, was den Breitenindex anbetrifft, sehr verschieden, die einen besassen die dolichocephale, die anderen die brachycephale Form, ohne dass irgend ein Unterschied in der Art und Weise der Verwachsung aufzufinden war. Dass bei diesem Umstand auch die Zeit der Nathverschliessung keine Rolle spielt, beweist folgende Berechnung: brachycephale Schädel mit vollständiger Verwachsung der Sagittalis und des mittleren Theils der Lambdoidea kamen in 12 Fällen vor und zwar in den Altersklassen von 23—61 Jahren, wobei das mittlere Alter dieser Subjecte das 36. Jahr war. Die völlig analoge Nathverwachsung, aber mit dolichocephalem Typus, kam in 8 Fällen zur Beobachtung und zwar von 22—49 Jahren, als mittleres Alter für diese letzteren Schädel ergab sich fast die gleiche Periode wie für die ersteren nämlich das 34. Jahr. Ganz dasselbe war an Schädeln der Fall, an denen die drei grösseren Näthe theilweise verwachsen waren, obgleich bei letzterer Anomalie jedenfalls die Reihenfolge der Schliessung der Näthe von grossem Einfluss sein musste. In Folge dessen habe ich keinen Anstand genommen solche Schädel, deren Besonderheiten gewiss mehr physiologischer als pathologischer Natur sind, mit in die Tabellen aufzunehmen, da sie meinen Messungen nach, ebensogut wie die rein normalen, Schlüsse auf die am häufigsten vorkommende Schädelform und deren Varietäten erlauben. Um jedoch auch die Möglichkeit zu haben die nicht anomalen Schädel in der folgenden Tabelle ausschliesslich berücksichtigen zu können, bezeichnen die eingeklammerten Zahlen wie viel unter der gegebenen Ziffer sich Schädel mit Nathverschluss befinden.

	dolichoceph.	*subdolichoc.*	*subbrachyc.*	*brachyceph.*	*prognath.*	*mesognath.*	*orthognath.*
1. Archangelsk.	2 (2)	5 (2)	2	9 (1)	2	13	3
2. Olonetz	1 (1)	3 (1)	3	8 (2)	2	10	3
3. Wologda....	1 (1)	—	6	10	1	12	4
4. Kostroma...	2 (1)	3	4	13 (1)	—	13	9
5. Jaroslaw....	1	4 (1)	9 (2)	8 (5)	—	13	9
6. Twer.....	—	—	5 (1)	17 (8)	—	21	1
7. Nowgorod...	—	3 (2)	3 (2)	11 (4)	2	12	3
8. St.Petersburg	1 (1)	1 (1)	2	10 (3)	1	10	3
9. Pskow.....	—	—	3	10 (3)	—	8	5
	8	19	37	96	8	112	40

Aus der Tabelle des Breitenindex ist ersichtlich, dass das Verhältniss der dolichocephalen Schädel zu den brachycephalen für die einzelnen Gouvernements ein sehr verschiedenartiges ist, wobei jedenfalls der Umstand Beachtung verdient, dass jemehr sich das Gouvernement, angefangen von den äussersten Grenzen des politischen Russlands, den mehr centralen oder mittleren Provinzen des Reiches nähert, umsomehr das Procent der dolichocephalen Schädel abnimmt. Diese mittleren Provinzen, in denen nach den vorliegenden Untersuchungen dolichocephale Schädel nicht vorkommen oder wenigstens zu den Seltenheiten zu rechnen sind, würden nach dem Obengesagten als die Stätten zu betrachten sein, in welchen der grossrussische Schädeltypus, wenn derselbe wirklich ursprünglich brachycephal war, sich am reinsten erhalten hat, oder mit andern Worten: in welchen die früher ansässigen Bewohner, mögen dieselben Finnen, Waräger oder Andere gewesen sein, vermischt mit den eingewanderten Slaven, einen Schädeltypus gebildet haben, welcher durch das Vorherrschen des slavischen Blutes in verhältnissmässig sehr engen Grenzen schwankt. Zu diesen Gouvernements gehören Wologda, Twer, Nowgorod und Pskow. Einen starken Gegensatz zu den obengenannten Distrikten bilden Archangelsk und Olonetz, d. h. die nördlichsten Provinzen des europäischen Russlands. Hier finden sich dolichocephale Schädel im ersteren fast zur Hälfte, im letzteren in einem Drittel der Fälle. Die Erklärung dieses Umstandes erfolgt leicht wenn man bedenkt, dass diese Provinzen jedenfalls zuletzt von der Einwanderung der slavischen Grossrussen berührt wurden und dass die Zahl der Einwanderer proportionell mit dem Wachsen der Entfernung von den centralen Stellen grossrussischer Ansiedelung sich verringern musste. Die neu hinzukommenden Slaven fanden aber einestheils im Norden schon eine zahlreiche Bevölkerung vor, theils Finnen und Lappländer, theils über den Ural eingedrungene Samojeden; anderntheils gab die Nähe des Meeres und die frühzeitig sich anknüpfenden Handelsbeziehungen Gelegenheit nicht nur zur Vermischung mit den Autochto-

nen sondern auch zur Aufnahme nur zufällig diese Gegenden berührender Elemente. Das Resultat konnte für die angesiedelten Grossrussen mit der Zeit nur ein in weiten Grenzen schwankender also nicht reiner Schädeltypus sein. Ganz dasselbe würde sich auch auf das Gouvernement St. Petersburg beziehen, obgleich der Tabelle nach in ihm die dolichocephalen Schädel nur ein Sechstel der Fälle ausmachen. In den Gouvernements Kostroma und Jaroslaw finden sich Langköpfe in einem Drittel oder Viertel der Fälle, für dieselben würde also das Ebengesagte gleichfalls volle Berechtigung haben. Abgesehen davon dass die heutige Bevölkerung beider Distrikte in Folge rein örtlicher Umstände die Eigenthümlichkeit angenommen hat zeitweise des Unterhalts und der Beschäftigung wegen sich in den verschiedensten Provinzen Russlands niederzulassen, was jedenfalls eine grössere Gelegenheit zu Mischungen giebt, ist es besonders durch die Untersuchungen von Bogdanoff, wenigstens für Jaroslaw, zur Evidenz nachgewiesen, dass früher zur Zeit der Kurgane in diesem Distrikte ausser einer brachycephalen Bevölkerung eine rein dolichocephale ansässig war. Könnte man also nicht für diesen Fall das Procent dolichocephaler Köpfe, abgesehen von der noch jetzt fortdauernden Mischung, als eine Art von Rückschlag im Sinne von Darwin auffassen?

Die Schlüsse, welche ich mir auf Grund meines Materials erlaubt habe aus der Betrachtung des Breitenindex zu ziehen, finden ihre Bestätigung auch in den Schwankungen des Gesichtswinkels. Prognathe Schädel kommen zur Beobachtung fast ausschlieslich unter den Bewohnern von Archangelsk, Olonetz und St. Petersburg (die beiden prognathen Schädel aus Nowgorod gehören nicht der heutigen Bevölkerung an), während im Gegensatz für dieselben Provinzen die Zahl der orthognathen Schädel die geringste ist. Am günstigsten in Bezug auf den Gesichtswinkel sind situirt Kostroma, Jaroslaw und Pskow.

Die folgende Tabelle ist ebenfalls zum Zwecke der Vergleichung aus den Data des Höhenindex und denen des Gesichtsindex zusammengestellt.

	hypsocephal.	*orthocephal.*	*platycephal.*	*leptoprosop.*	*chamaepros.*
1. Archangelsk .	6	12	—	9	9
2. Olonetz	11	4	—	12	3
3. Wologda.	12	3	2	12	5
4. Kostroma	13	7	2	14	8
5. Jaroslaw	14	7	1	13	9
6. Twer	13	9	—	7	15
7. Nowgorod. . . .	12	5	—	7	9
8. St. Petersburg	10	2	2	9	5
9. Pskow	7	6	—	10	3
	98	55	7	93	66

Aus vorstehender Tabelle ist ersichtlich, dass mit Ausnahme von zwei Gouvernements ein hochköpfiger Schädeltypus die Regel ist, und zwar hohe Schädel mit einem mehr oder weniger länglichen Gesicht bei fast vollständig seitlich gewendeten und wenig vorstehenden Backenknochen. Nichtsdestoweniger ist auch die Anzahl der mehr in die Breite entwickelten Gesichter eine beträchtliche in den Gouvernements Archangelsk, Kostroma, Jaroslaw und besonders Twer. Durch ein längliches Gesicht zeichnen sich die Bewohner von Olonetz und Pskow aus. In Bezug auf den Höhenindex bietet Archangelsk einen scharfen Gegensatz, indem die orthocephalen Schädel an Zahl die hypsocephalen um das Doppelte übertreffen. Sieben platycephale Schädel unter 160 ist ein Vorkommen, welches sich meiner Meinung nach jeder Schlussfolgerung entzieht.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Schwankungen in der Form der Oeffnungen der Augenhöhle und der Nase.

	mikrosem.	*mesosem.*	*megasem.*	*leptorhin.*	*mesorhin.*	*platyrhin.*
1. Archangelsk .	5	9	4	7	7	4
2. Olonetz.....	8	3	4	6	5	4
3. Wologda....	7	7	3	8	8	1
4. Kostrom....	9	7	6	14	5	3
5. Jaroslaw....	10	10	2	15	4	3
6. Twer.....	14	5	3	18	3	1
7. Nowgorod...	7	9	1	5	8	4
8. St.Petersburg	8	4	2	10	3	1
9. Pskow	10	—	3	11	1	1
	78	54	28	94	44	22

Die Augenhöhlenöffnung ist entweder klein oder mittelgross, sehr geräumige gehören zu dem seltneren Vorkommen; mit Ausnahme von Archangelsk und Nowgorod überwiegt die mikroseme Form; durch die Beständigkeit einer Form zeichnen sich wieder die Gouvernements Twer und Pskow aus, während die geräumigsten Augenhöhlenöffnungen den Bewohnern von Kostroma zukommen. Was die Form der Nasenöffnung anbetrifft, so herrscht die leptorhine vor, am wenigsten die platyrhine. Durch das häufigere Vorkommen einer platten Nase zeichnen sich Archangelsk, Olonetz und Nowgorod aus, die beste und die constanteste Form besitzen wieder die Gouvernements Twer und Pskow.

Ich füge hier noch einige mehr in die Augen fallende Unterschiede aus der Tabelle № X an, die übrigen ergeben sich bei der Durchsicht der Mittelzahlen von selbst. Den geringsten Schädelinhalt besitzen Archangelsk und Pskow, den grössten Wologda. Die leichtesten Schädel finden sich in Kostroma, die schwersten in St. Petersburg und Olonetz; den

grössten Umfang bietet St. Petersburg. Die im Verhältniss zur Länge breitesten Oberkiefer kommen in Archangelsk und Olonetz vor, die am wenigsten breiten in Pskow. Die breitesten Unterkiefer besitzen Jaroslaw, Twer und Pskow, die längsten Archangelsk; letzteres zeichnet sich auch durch den kleinsten Unterkieferwinkel aus, während Kostroma und Twer den grössten Winkel aufweisen. Die am stärksten brachycephalen Schädel kommen in Twer und Pskow vor, die am wenigsten brachycephalen in Jaroslaw. Die prominentesten Nasen, gemäss dem Nasen-Stirnwinkel, gehören Jaroslaw an, die am wenigsten horizontal gerichteten Olonetz und Twer. Der edelste Gesichtswinkel kommt in Jaroslaw und Pskow zur Beobachtung der geringste in Archangelsk.

Fassen wir das über die Unterschiede zwischen den einzelnen Gouvernements angeführte noch einmal zusammen, so würden nach den Resultaten meiner Untersuchungen Twer und Pskow sich durch den reinsten und constantesten grossrussischen brachycephalen Schädeltypus auszeichnen, beide mit hoch oder mittelhohen Schädeln, welche in dem ersteren sich durch ein breiteres, im letzteren durch ein schmäleres Gesicht auszeichnen. In absteigender Reihe in Bezug auf die Reinheit des Typus würden Wologda, Nowgorod, Jaroslaw, Kostroma, St. Petersburg, Olonetz und Archangelsk folgen. Die tiefste Stufe würde also Archangelsk einnehmen, dessen grossrussische Bevölkerung die meisten Anzeichen einer Mischung mit fremden Elementen aufweist. Ich glaube aber, dass in letzterer Beziehung meine Schlussfolgerungen mit einer gewissen Vorsicht aufzunehmen sind, erstens weil das Material über welches ich verfügen konnte, doch nur ein beschränktes war und zweitens weil ich nicht die Möglichkeit hatte die eigentliche ansässige Bevölkerung von Archangelsk zu untersuchen. Die in St. Petersburg verstorbenen Repräsententen dieses Gouvernements gehören jedenfalls einer Bevölkerungsklasse an, welche durch ihre chronische Armuth gezwungen ist anderweit sich ihre Subsistenzmittel zu verschaffen. Gerade dieser Umstand könnte fördernd für eine allmählige Mischung dieser Classe von Leuten mit fremden Racen einwirken, während die ansässige Bevölkerung, welche in der Provinz selbst ihren Lebensunterhalt findet, vielleicht ebensogut wie in anderen Gouvernements den ihr speziellen Schädeltypus in viel engeren Grenzen weiter kultivirt.

Der grossrussische männliche Schädel.

Im Folgenden erlaube ich mir eine spezielle Beschreibung der craniologischen Eigenschaften des grossrussischen männlichen Schädels zu geben, wobei ich mich sowohl auf meine eigenen Untersuchungen als auch auf die von anderen Forschern erhaltenen Resultate stützen werde. Leider ist eine Vergleichung mit den Zahlentabellen der Autoren aus manchen Ursachen eine schwierige und unsichere schon desswegen, weil meistentheils die Messmethode keine übereinstimmende war und ausserdem weil nicht die Horizontalstellung des Schädels benutzt worden war, welche für meine Arbeit zur Richtschnur diente. In

Bezug auf die verschiedenen angeführten Mittelzahlen verweise ich auf die Tabellen № X und XI. Ich habe keinen Anstand genommen unter die vergleichende Tabelle der Autoren die Untersuchungen von A. Bogdanoff und Wolkenstein aufzunehmen, trotzdem dieselben ein Material behandeln, welches eigentlich nicht hierher passt. Die brachycephalen Schädel aus den Kurganen des Gouvernements Moskau sind aus Gründen, die ich später anführen werde, meiner Meinung nach slavischen Ursprungs, da jedoch in dieser Beziehung noch Zweifel geäussert werden können, so werde ich dieselben hauptsächlich nur zur Vergleichung für die Veränderungen der Schädel während verschiedener Zeitepochen benutzen. Die durch Wolkenstein gesammelten Schädel aus dem Gouvernement Nowgorod sind so typisch, dass man sie mit vollem Rechte in die Reihe der grossrussischen stellen kann.

Die Capazität des grossrussichen männlichen Schädels beträgt nach meinen Messungen im Mittel 1423, eine Zahl, mit welcher die meisten Autoren annähernd übereinstimmen, trotzdem dass von ihnen der Inhalt mit Hülfe sehr verschiedenen Materials bestimmt wurde, z. B. benutzen A. Bogdanoff Hirse und Wolkenstein Sand. Die von Kopernitzky gemessenen Schädel besitzen ein auffallend geringes Volumen nämlich 1331, es ist möglich, dass in diesem Falle vielleicht die Art und Weise der Füllung von Einfluss war. Die Schädel aus der Kurganperiode und die aus den Jalnikis unterscheiden sich in Bezug auf den Inhalt in nichts von denen der jetzt lebenden Generation. Die Schwankungen des Maximum und Minimum des Inhalts sind selbstverständlich entsprechend der grösseren Anzahl der untersuchten Schädel ungemein bedeutend von 1170 bis 1912 ohne dass jedoch aus den erhaltenen Zahlen bestimmte Beziehungen zum Alter abzuleiten wären. Bei Landzert schwanken Maximum und Minimum zwischen 1244 und 1752, bei Wolkenstein zwischen 1302 und 1659, bei Malieff in der ersten Arbeit zwischen 1115 und 1725, in der zweiten zwischen 1335 und 1700, endlich bei Bogdanoff zwischen 1320 und 1620. Jedenfalls ist die Mittelzahl des Rauminhalts des grossrussischen Schädels eine verhältnissmässig bedeutende zu nennen, dieselbe übertrifft z. B. die Capazität der preussischen und litauischen Schädel (1415)[1]), nähert sich der Welkerschen Zahl für männliche deutsche Schädel (1450) und ebenso der von Hudler[2]) erhaltenen allgemeinen Zahl für die kaukasische Race (1461). Nimmt man als Maximum für den männlichen Schädel die Zahl 1700, so erreichen oder übertreffen diese Capazität unter meinen 160 Schädeln im Ganzen 4 (darunter zwei über 1900) d. h. 2,1 Procent, ein Verhältniss, was ungefähr mit demselben Procent (2,5) für deutsche Schädel übereinstimmt[3]). Durch die Untersuchungen Rankes[4]) wurde die interessante Beobachtung festgestellt, dass in Bezug auf die Capazität zwischen Land- und

1) Kupffer und Bessel-Hagen. Archiv für Anthropologie, tom. XII, Heft 2.

2) Hudler. Ueber Capazität und Gewicht der Schädel. München 1877, p. 39.

3) Kupffer und Bessel-Hagen. Der Schädel Emanuel Kants. Archiv für Anthropologie, tom. XIII. 1881, pag. 379.

4) Ranke, J. Stadt- und Landbevölkerung in Beziehung auf die Grösse ihres Gehirnraumes. Beiträge zur Biologie. Stuttgart 1882, p. 309.

Stadtbevölkerung ein nicht unbedeutendes Uebergewicht zu Gunsten letzterer besteht. Unter dem vorliegenden Material befanden sich 7 Schädel von sogenannten Kleinbürgern, d. h. Städtebewohnern, das Mittel des Inhaltes derselben beträgt 1377, ergiebt sich also im Allgemeinen niedriger als das für die Landbewohner.

Was das Gewicht anbetrifft, so beträgt dasselbe im Mittel 668 grm. (bei 679 als Mittelzahl für die kaukasische Race nach Hudler) mit einem Minimum von 402 an einem 27jährigen Schädel und einem Maximum von 1100 grm. an einem 28jährigen Schädel. Die Schädel sind im Vergleich zu ihrer mittleren Grösse schwere zu nennen. Gewichtsbestimmungen russischer Kurganschädel finden sich nur bei Bogdanoff, wobei der Unterkiefer nicht mit gewogen wurde, seine Mittelzahl ist = 655, Minimum = 546, Maximum = 774. Nimmt man als das mittlere Gewicht eines Unterkiefers mit sämmtlichen Zähnen 81 grm., d. h. circa 7,3 des Gewichts des ganzen Schädels, so würde die Schwere des Schädels der jetzt lebenden Generation in Vergleich zu der der Bewohner aus der Kurganperiode sich ziemlich stark zu Ungunsten der ersteren verändert haben.

Meine Mittelzahlen für die Länge, Breite und Höhe stimmen ebenfalls mit den Messresultaten der meisten anderen Autoren überein und zwar hauptsächlich derjenigen, welche zur Untersuchung über ein zahlreiches Material verfügten. Auffallend ist die Länge von 180 der von Kopernitzky untersuchten Schädel, eine Länge, welche aus 20 Messungen erhalten wurde. Das Material stammte meistentheils aus Gouvernements südlich von Moskau; wäre vielleicht hieraus der Schluss erlaubt, dass je weiter nach Süden die Länge progressiv zunehmen würde? Der grossrussische männliche Schädel mit einem mittleren Index von 81,1 ist rein brachycephal mit einer starken Neigung zur Subbrachycephalie. Subbrachycephal waren von meinen Schädeln die aus Jaroslaw, von fremden: die Schädel von Kopernitzky und Bogdanoff. Männliche dolichocephale und subdolichocephale Schädel können, wie es scheint, in allen Gouvernements vorkommen, in dem einen häufiger, in dem andern seltener. Interessant ist in dieser Beziehung folgende Tabelle, auf welcher nur die Resultate von Bogdanoff weggelassen sind, da bei ihm die dolichocephalen Schädel getrennt von den brachycephalen aufgezählt werden und kein sozusagen zufälliges Vorkommen bezeichnen.

	dolichoceph.	*subdolichoc.*	*subbrachyc.*	*brachyceph.*	
Landzert	2	3	8	27	40
Protzenko	—	5	9	18	32
Wolkenstein	—	2	5	6	13
Malieff	4	10	13	26	53
Malieff	—	3	8	14	25
eigene Beobachtung	8	19	37	98	160
	14	42	80	187	323

Unter 323 Schädeln sind 14 dolichocephal und 42 subdolichocephal, ein Verhältniss, welches für die ersteren 4,6 Procent und für die letzteren 13 Procent ausmachen würde. Die Brachycephalie hängt naturgemäss von dem in der Mehrzahl der Fälle ungemein platten und steil abfallenden Hinterhaupte ab. Die vordere Hälfte des Schädels verhält sich in Folge dessen zur hintern Hälfte wie 101 : 91, im Gouvernement Olonetz sogar wie 106 : 88.

Was den Höhenindex anbetrifft, so beträgt derselbe im Mittel 76,0, die Schädel sind also rein hypsocephale mit einer starken Neigung zur Orthocephalie; platycephale russische Schädel gehören jedenfalls zu den Seltenheiten. In folgender Tabelle sind die Resultate der verschiedenen Untersuchungen ähnlich wie in Bezug auf den Breitenindex zusammengestellt.

	hypsocephal.	*orthocephal.*	*platycephal.*	
Landzert	32	8·	—	40
Protzenko	17	15	—	32
Wolkenstein	9	4	—	13
Malieff	31	19	3	53
eigene Beobachtung	98	55	7	160
	187	101	10	298

Die ebenangeführte Tabelle giebt den bessten Beweis wie wenig zuverlässig die Schlüsse sein können, welche auf die Untersuchung eines geringen Materials beruhen, da platycephale Schädel sich erst dann ergeben wenn die Zahl der Schädel über fünfzig steigt.

Der Unterschied zwischen der von uns angenommenen Länge № 1 und 2 ist sehr gering, häufig fielen beide hintere Messungspunkte auf ein und dieselbe Stelle. Die grösste Breite wurde in der Mehrzahl der Fälle unterhalb der gewöhnlich schwach ausgesprochenen *Tubera parietalia*, etwas oberhalb der *Sutura temporoparietalis* angetroffen. In Folge dessen waren die Seitenflächen der von mir untersuchten Schädel gewöhnlich sehr regelmässig gewölbt. Schädel, welche den Eindruck machen als ob dieselben seitlich gepresst wären, welches charakteristische Merkmal Bogdanoff für die Kurganschädel des Moskauer Gouvernements anführt, kamen mir nur sehr vereinzelt zur Beobachtung. Die geringste Breite beträgt 96, ebenfalls in Uebereinstimmung mit den Messungen Anderer; der Unterschied zwischen der Parietal- und Mastoidealbreite ist sehr gering ($\frac{132}{130}$), an einer grossen Anzahl sind beide Entfernungen, entsprechend der regelmässigen Bogenform der Seitenflächen, gleichgross. Die Frontalbreite beträgt 59, interessant ist hierbei das Verhalten der Schädel mit persistirender Stirnnath, wobei ich gleichzeitig die Zahlen für die geringste Breite und die Breite der Nasenwurzel anführe.

	Geringste Breite.	Stirnbreite.	Nasenwurzel.
Mittelzahl	96	59	22
Stirnnath (7 Fälle)...	101	68	24

Man kann hieraus den Schluss ziehen, dass auf die geringste Breite und auf die Breite der Nasenwurzel die persistirende Stirnnath einen sehr geringen Einfluss ausübt, wohl aber auf die Entfernung der Stirnhöcker von einander. Bei vielen der untersuchten Schädel fand sich ein Rest der Stirnnath über der Nasenwurzel, bemerkenswerth wäre hierbei, dass in solchen Fällen die *Arcus superciliares* in der Mittellinie sich nicht vereinen.

Die vertikale Höhe № 1 fällt gewöhnlich in das erste Drittel der Pfeilnath № 2 entweder in den hinteren Theil des mitteren Drittels oder in den Anfang des hinteren Drittels der Nath.

Der Umfang beträgt 513, wobei die verschiedenen Mittelzahlen für die einzelnen Gouvernements in keiner direkten Beziehung zu den gleichen Zahlen des Inhalts stehen. Die Zahl für den Umfang der anderen Autoren schwankt ungemein, zwischen 509 und 527. Letzteren Werth erhielt Bogdanoff an den Kurganschädeln, während Wolkenstein als Mittel für eine spätere Periode 518, Malieff 523 angegeben. Meine Zahl stimmt am meisten mit den Messresultaten von Landzert und Malieff (erste Arbeit) überein. Die Schädel der jetzigen Grossrussen würden sich also durch einen geringeren Umfang von denen der früheren Generationen unterscheiden. Der Querbogen ist = 331, der Unterschied mit der vergleichenden Tabelle erklärt sich jedenfalls dadurch, dass die durchweg geringeren Zahlen Anderer durch Messung nicht vom Centrum des äusseren Gehörgangs sondern von seinem oberen Rande erhalten sind. Das Gleiche gilt von dem Längsbogen (364); sämmtliche Zahlen anderer Forscher, welche 400 überschreiten, sind dadurch erhalten, dass die Messung nicht bis zum hinteren sondern bis zum vorderen Rande des Hinterhauptsloches vorgenommen war. Die Länge des Stirnbogens beträgt 127, die des Scheitelbogens 125, der Unterschied zwischen beiden ist ungemein gering. Das gleiche Verhältniss ergiebt sich aus den Messungen Anderer, mit Ausnahme von Landzert, welcher für den Frontalbogen 125 und für den Parietalbogen 128 erhielt, fast das gleiche Resultat wie ich für die Schädel aus Nowgorod. Der Occipitalbogen beträgt 112. Die Entfernung vom *Foramen magnum* bis zur Nasenwurzel ist etwas grösser als von demselben Punkte bis zum Oberkiefer. Das *Foramen magnum* selbst ist gewöhnlich rein ellyptisch, selten vollkommen rund, sein Index = 85,7, der Winkel beträgt im Mittel 9 Grad ist aber vielen Schwankungen unterworfen.

Was die Formation der Schädelknochen selbst und der Schädelkapsel an und für sich anbetrifft, so ist dieselbe einer solchen Masse Schwankungen unterworfen, dass ich es für

unmöglich halte irgend welche typischen Anhaltspunkte aus der grossen Anzahl jedenfalls rein individueller Formen herauszufinden. Die Eigenthümlichkeiten der Gestalt des Hirnschädels wurden von mir schon bei der speziellen Beschreibung der einzelnen Gouvernements hervorgehoben, hier erlaube ich mir nur die Hauptpunkte noch einmal zusammenzufassen. Die Stirn zeigt alle Uebergänge von der breiten und hohen, schön gewölbten Form bis zur schmalen und flachen mit kaum entwickeltem vertikalen Theile, die erstere Form ist jedoch die jedenfalls vorherrschende. Die *Tubera frontalia* und *Arcus superciliares* sind durchgängig schwach entwickelt, ein mittlerer Stirnkamm ist selten. In der Seitenansicht bietet die Schädelcurve drei verschiedene Formen, welche fast gleich häufig sich begegnen. Bei allen drei ist der Uebergang des Stirnbogens in den Scheitel ein ganz allmähliger, der Scheitel selbst ist bei der ersten Form, der einer kurzen steilen Parabel, kurz und schwach gewölbt, derselbe geht, angefangen von der Mitte des Parietale, unter starkem Winkel plötzlich in das steil abfallende, fast plane und hohe Hinterhaupt über. Die zweite Form ist der ersten sehr ähnlich, nur dass bei ihr der Scheitel viel länger und ebener ist. Bei der dritten Form ist die Contourlinie ellyptisch, wobei jedoch das Occiput immer wenig prominent bleibt. Das Pterion ist meistentheils regelmässig gebildet, nicht selten finden sich Schaltknochen, und zwar unter den 160 Schädeln in 9 Fällen beiderseits, in 10 Fällen nur links, in 7 Fällen nur rechts, sehr selten waren die vier Knochen in einem Punkte vereint. Ein *Processus frontalis squamae ossis temporum* war nicht nachzuweisen, ebenso wie andere Anomalien des Pterion, weil wegen anderweitigen Untersuchungen solche Schädel aus der Sammlung der Racenschädel entfernt waren. Nach den Angaben von W. Gruber[1]), welche sich auf Schädel russischer Nationalität beziehen, kam die Verbindung der Schläfenbeinschuppe mit dem Stirnbein unter nahe an 4000 Schädeln 60 mal vor, und zwar als unmittelbare Verbindung an 2 Schädeln, einmal rechts und einmal beiderseits, während die mittelbare Verbindung durch einen Fortsatz der Schläfenbeinschuppe an 58 Schädeln und zwar auf beiden Seiten an 24, nur rechts an 17 und nur links an 17 auftrat. Die Schläfenlinien sind entweder doppelt oder es ist nur die eine gewöhnliche vorhanden, dieselben sind ebenso wie der Temporalkamm schwach ausgesprochen. Ich kann nicht umhin hier nochmals auf eine Eigenthümlichkeit hinzuweisen, welche sich häufig an grossrussischen Schädeln findet, nämlich auf den hinter und längs der Kranznath auf dem Scheitelbeine herabgehenden Sattel; derselbe war an 32 Schädeln deutlich ausgebildet. Der Sattel besteht unabhängig von jeder Nathverwachsung und würde auf eine Störung in der Gleichmässigkeit des Wachsthums der vorderen und hinteren Schädelhälfte hinweisen, deren zunächstliegender Grund vielleicht in der stärkeren und schnelleren Entwickelung des Stirnbeins zu suchen ist, in Folge dessen das langsamer wachsende Scheitelbein sich einbiegen muss. Landzert[2]) ist der einzige Beobachter, welcher

1) W. Gruber. Ueber die Verbindung der Schläfenbeinschuppe mit dem Stirnbein etc. Mémoires de l'Académie Imp. des sciences de St. Pétersbourg, tom. XXI № 5, 1874, p. 4.

2) Landzert. l. c. p. 175.

eine seichte, gleich hinter der *Sutura coronalis* und mit ihr parallel laufende Vertiefung erwähnt, es aber unterlässt anzugeben, wie oft dieselbe an seinen Schädeln vorkam. Derselbe Sattel ist bei E. v. Baer[1]) an einem Kleinrussenschädel abgebildet. Charakteristisch ist diese Abnormität jedenfalls nicht und ich zweifle nicht im Geringsten, dass dieselbe bei jeder beliebigen Nation vorkommen kann.

Von Oben gesehen bieten die Schädel eine sehr verschieden geformte Umgrenzungslinie, am häufigsten die eines kurzen oder langen Ovals mit breiterer hinterer Hälfte, deren Grenze die Gegend der schwach entwickelten *Tubera parietalia* entspricht. Eine fast rein ellyptische Schädellinie gehört ebenfalls nicht zu den Seltenheiten ebenso wie leichte Schiefschädel ohne Nathverwachsung. Van der Höven nennt die Contourlinie «ovatorotundata», Wolkenstein «cuneato-ovalis», charakteristisch sind beide Benennungen nicht. Die Schädel mit einem Sattel hinter der Coronalis haben zuweilen eine ausgesprochen bisquitförmige Gestalt. Ob die Näthe wenig oder stark zackig sind habe ich unterlassen anzugeben als vollständig bedeutungslos. Interessant sind die Nathverwachsungen je nach dem Alter. Wie schon angegeben verstreicht die *Sutura sagittalis* zuerst in der Gegend der *Foramina parietalia*, das früheste Alter für diese Verwachsung war das 18. Jahr; gleichzeitig oder etwas später kann die Verwachsung des hintern Theils der Sagittalis sich auf die Mitte der Lambdoidea ausdehnen (20. Jahr), die ganze Sagittalis war schon verschwunden mit 22 Jahren. Die Mitte der Coronalis und die ganze Sagittalis verstreichen mit 29 Jahren, sämmtliche grossen Näthe waren verwachsen mit 34 Jahren (mit 28 Jahren an einem pathologischen Schädel). Die Coronalis war allein verstrichen nur im mittleren Theile bei 40 Jahren, symmetrisch in den seitlichen Hälften mit 41 Jahren. Aus dem Ebengesagten ist ersichtlich, welchen prävalirenden Einfluss die Verwachsung der Pfeilnath auf die übrigen Näthe besitzt; ein für sich allein bestehendes Verschwinden einzelner Näthe ohne Theilnahme der Pfeilnath scheint erst den späteren Altersperioden eigenthümlich zu sein. In letzterer Beziehung weichen meine Resultate sehr bemerkbar von denen Welkers[2]) ab, welcher die Obliteration des unteren Theils der Coronalis in den Zeitraum von 18—24 Jahren verlegt.

Das Hinterhaupt ist sehr hoch und breit wobei zwei Hauptformen der Schädelcurve vorherrschen, die eine häufigere bildet ein Viereck mit gleichmässig und schwach gewölbtem Scheitel und ebensolchen Seitenflächen, die andere zeigt ein Fünfeck, indem der Scheitel statt einer gleichmässigen Convexität in seinem mittleren Theile kammartig vorspringt. Eine dritte, viel seltnere Form der Schädelcurve ist die einer reinen Ellypse mit planer Basis. Schon aus den eben gemachten Angaben geht hervor, dass die *Tubera parietalia* in der Ansicht von hinten ebenfalls kaum bemerkbar sind. Die Knochenvorsprünge sind meistentheils sehr schwach entwickelt, torusartige Wölbung des betreffenden Theils der Occipitalschuppe gehört zu den Seltenheiten. Auffallend schwach und klein sind die *Processus mastoidei* an-

1) E. v. Baer. Bericht über die Zusammenkunft einiger Anthropologen in Göttingen. 1861.

2) Welker. Kraniologische Mittheilungen. Archiv für Anthropologie, tom. I, 1866, p. 119.

gelegt, bei einer Horizontalen, welche durch die Spitzen derselben gezogen ist, überragten die Gelenkfortsätze dieselben nach unten in 81 Fällen, befanden sich letztere in gleicher Höhe mit den Warzenfortsätzen in 41 Fällen und erreichten die Horizontale nicht in 38. Verhältnissmässig häufig finden sich an den Schädeln Unregelmässigkeiten in der Occipitalpartie entweder in Form einer eingedrückten Schädelbasis oder als Asymetrie in der Stellung, Höhe oder Form der *Processus condyloidei*, seltener der *Proc. mastoidei*. Ich würde diese Unregelmässigkeiten einer Sitte zuschreiben, welche den Grossrussen sogar vom zartesten Alter eigenthümlich ist, nämlich die bedeutende Lasten nicht mit den Händen sondern auf dem Kopfe zu tragen, eine Gewohnheit, welche nicht ohne Einfluss auf die Configuration der Knochen sein kann.

In der Ansicht von unten ist die Basis, mit Ausnahme der dolichocephalen Schädel, in der sagittalen Richtung sehr kurz, in der transversalen ungemein breit, die Gruben und Erhöhungen derselben sind scharf ausgesprochen. Nicht selten kommen Asymetrien in der Grösse der Oeffnungen vor, besonders des *Foramen ovale*. Das *Foramen jugulare* war rechts grösser in 72 Fällen, links in 49, dasselbe war beiderseits gleich gross in 39.

Der Gesichtsindex der Grossrussen beträgt 90,6, hält sich also an der Grenze zwischen *Lepto-* und *Chamaeprosopie*, tabellarisch geordnet fanden sich unter 159 Schädeln:

1. *leptoprosope* = 93
2. *chamaeprosope* = 66

Das Gesicht ist mehr hoch als breit, der Grund hiervon ist jedenfalls die stark nach aussen gewendete Stellung der Wangenbeine und das geringe Vorragen der *Arcus zygomatici*, welche letztere in der Ansicht von oben entweder sehr wenig oder gar nicht bemerkbar sind. Der Gesichtsindex der Wolkenstein'schen Schädel beträgt 91,4, der von Malieff gemessenen 88,6, Werthe, welche sich ebenfalls in der Nähe der Grenze zwischen dem schmalen und breiten Gesichte halten.

Der Index der Augenhöhlenöffnung beträgt 82,0 (mikrosem), mit dieser Mittelzahl stimmen nur die Beobachtungen von Malieff überein (82,8), die übrigen Autoren erhielten einen grösseren Index, Bogdanoff für die Kurganschädel einen mesosemen, Van der Höven, Wolkenstein und Quatrefages einen megasemen. Der letztere Umstand erklärt sich vielleicht aus der geringen Anzahl der gemessenen Schädel, wobei der reine Zufall leicht die Mittelzahl beeinflussen kann. Megaseme Augenhöhlen gehören bei den grossrussischen Schädeln nicht zu den Seltenheiten, unter meinen befanden sich 78 mikroseme, 54 mesoseme und 28 megaseme. Die am häufigsten vorkommende Form der Oeffnung ist die länglich viereckige, entweder mit horizontaler oder etwas schief nach unten und aussen gestellter Queraxe. Die Winkel der Oeffnung sind leicht abgerundet, die Ränder scharf ausgesprochen und nicht gewulstet. In der Seitenansicht ist ein grosser Theil der inneren Wand der Augenhöhle zu überblicken.

Die Nase ist durchgängig wenig prominent, mit einem Winkel zur Stirn von 124, in der *Norma verticalis* ist sie wenig oder gar nicht zu sehen. Die Nasenknochen sind von mittlerer Länge und Breite und zwar lang im Mittel = 2,4 Cnt., Maximum = 3,4 Cnt., Minimum = 1,4 Cnt., breit (in der Mitte) = 0,9 Cnt., Maximum = 1,9 Cnt., Minimum = 0,5 Cnt. An der Basis sind dieselben wenig schmäler als an der Spitze, der Rücken ist prominent und gut ausgesprochen, eine leichte sattelförmige Einbiegung findet sich auf seiner Mitte, seltener an der Grenze des obern Drittels. Die Form und Stellung der Knochen ist starken Variationen unterworfen, selten sind sie unsymmetrisch. Verwachsungen beider Knochen untereinander traten in 9 Fällen auf und zwar an der Basis mit 24 Jahren, nur an der Spitze mit 36 Jahren und in der ganzen Länge mit 45 Jahren als mittlere Zeit. Deutliches Abweichen der Richtung der Nase nach einer Seite wurde in 9 Fällen beobachtet, nach links in 4 nach rechts in 5, in 5 weiteren Fällen stand die rechte Hälfte des Nasenloches tiefer als die linke. Während das Abweichen in der Richtung in einem gewissen causalen Zusammenhang mit dem sogenannten Schiefschädel zu stehen schien, hing die ungleiche Höhe der einen Hälfte des Nasenloches unzweifelhaft von Defekten des Oberkiefers in Folge von einstiger Zahnkaries ab. *Fossae praenasales* wurden oft beobachtet, charakteristisch in anthropologischer Hinsicht sind dieselben wohl nicht. Der Index der Oeffnung ist = 46,9 (leptorhin), mit diesem Resultat stimmt Wolkenstein überein, während die übrigen Autoren einen mesorhinen Index ergeben. Platyrhine Nasen kommen viel seltener vor (13%), die Breite der Nasenwurzel ist eine beträchtliche, im Mittel 22 (bei einer Breite der Nasenöffnung von 23), eine ungewöhnlich starke Breite erhielt in dieser Hinsicht Lanzert mit 26 und Malieff mit 25.

Der Oberkiefer ist von mittlerer Höhe und fast gleichgrosser Breite ($\frac{64}{60}$), hierbei ist die Höhe bedeutenden Schwankungen unterworfen, viel weniger aber die Breite. Die Erhöhungen und Vertiefungen des Knochens sind schwach ausgebildet, überhaupt ist sein ganzer Bau sehr grazil. Der Alveolarfortsatz ist öfters stark prognath, viel seltener nehmen jedoch die Frontalzähne selbst an der schiefen Richtung Antheil. Was die Form der Zähne anbetrifft, so erlaube ich mir kein Urtheil, da bei der Einverleibung der Schädel in die Sammlung auf ihre Intaktheit speziell Rücksicht genommen wurde. Ungeachtet des breiten Alveolarbogens des Oberkiefers kamen Zwischenräume zwischen den Frontalzähnen selten vor, im Ganzen an 19 Schädeln. Am häufigsten existirten leichte Interstitien zwischen sämmtlichen Frontalzähnen (9 Fälle), oder ein starker Zwischenraum ausschliesslich zwischen den mittleren Incisivi bis 0,7 Mm. in der Breite (5 Fälle), oder zwischen den mittleren und seitlichen Incisivi (4 Fälle) und in einem Falle zwischen den seitlichen Incisivi und den Canini. Die Zwischenräume fanden sich symmetrisch auf beiden Seiten.

Die Länge des Unterkiefers ist eine mittlere, seine Breite im Gegentheil eine beträchtliche ($\frac{181}{97}$), die Länge wechselt sehr, viel weniger die Breite und Höhe. Die Aeste sind hoch und breit ($\frac{64}{34}$), der Winkel beträgt im Mittel 119°. Der Knochen ist schwach entwickelt, die Muskelansätze wenig prominent, das Kinn erscheint bald abgestumpft, bald

spitz, das Dreieck an der *Spina mentalis anterior* tritt hervor. Zwischenräume zwischen den unteren Frontalzähnen kommen viel seltener vor, überhaupt nur in 5 Fällen, in einem zwischen allen Schneidezähnen, in einem zweiten nur zwischen den mittleren Incisivi, in einem weiteren zwischen den mittleren Incisivi und zwischen den Canini und ersten Praemolares, endlich im 5. Falle nur zwischen den Canini und den ersten Praemolares.

Der Gaumen ist exquisit ellyptisch ($\frac{45}{58}$), die Art seiner Wölbung ist sehr variabel, das ziemlich häufig vorkommende Vorspringen der Mittellinie in der hintern Hälfte (ein nach unten convexer Gaumen), würde auf Störungen im Verschluss der Mittellinie hinweisen.

Die *Sutura incisiva* wurde untersucht an 113 Schädeln, an 92 war dieselbe vorhanden, an 21 fehlte sie vollständig. Die häufigste Form ihres Vorkommens bestand in je einem Schenkel, welche entweder symmetrisch oder unsymmetrisch aus der Mitte oder dem hinteren Ende des *Foramen incisivum* ihren Anfang nahmen und entweder direkt nach Aussen oder mit einer Biegung nach Hinten und Aussen zickzackförmig verliefen, um in der Richtung zum Interstitium zwischen dem seitlichen Schneidezahne und Eckzahne, jedoch den Alveolarrand gewöhnlich nicht erreichend, zu enden. Solcher Fälle kamen 63 vor, in einem war nur der rechte, in einem anderen nur der linke Schenkel vorhanden. Bei der zweithäufigsten Form der Sutur nehmen die zwei Schenkel ihren Anfang nicht aus dem *Foramen incisivum*, sondern in einer gewissen Entfernung dicht hinter demselben aus der *Sutura palatina*, um ähnlich wie schon angegeben zu verlaufen; diese letztere Form fand sich an 11 Schädeln. Bei Existenz von zwei Schenkeln nahm der eine seinen Ursprung aus dem *Foramen incisivum*, der andere aus der *Sutura palatina* in 4 Fällen. Eine vierte Variante der Nath besteht in dem Auftreten von 4 Schenkeln, wobei zwar die gewöhnlichen zwei Schenkel entweder aus dem *Foramen incisivum* (9 Fälle), oder aus der *Sutura palatina*, dicht hinter dem Foramen (3 Fälle) entspringen, sich aber sogleich in zwei weitere Aeste theilen, von welchen die beiden mittleren nach vorn gegen den Zwischenraum zwischen den mittleren und seitlichen Incisivi, die beiden äusseren mit einer starken Anfangsbiegung nach hinten zu den Zwischenräumen zwischen den äusseren Incisivi und Canini verlaufen. Auch die 4 Schenkel erreichen den Alveolarfortsatz nicht. Nur in einem der hierhergehörigen Fälle nahmen die 4 Schenkel getrennt ihren Anfang aus dem *Foramen incisivum*. Die seltenste Form der Nath ist endlich die, bei der 4 Schenkel existiren, wobei die beiden inneren ihren Anfang aus dem *Foramen incisivum*, die beiden äusseren aus der *Sutura palatina* nehmen (2 Fälle).

Die *Sutura incisiva* kann sich während des ganzen Lebens erhalten, sie war noch intakt vorhanden an einem 73-jährigen Schädel. Einen schönen Beweis der Resistenzkraft dieser Nath liefert der Schädel Immanuel Kants, welcher trotz seiner 80 Jahre die *Sutura incisiva* noch vorwies[1]). Das mittlere Alter für das gänzliche Verstreichen dieser Nath ist

1) C. Kupffer und Bessel-Hagen. Der Schädel Immanuel Kants. l. c. p. 376.

für die männlichen grossrussischen Schädel das 33. Jahr, für die weiblichen das 41., das frühste Alter ihres völligen Verschwindens ist bei Männern das 19. Jahr.

Der Gesichtswinkel, gemessen nach der Vorschrift von Broca beträgt nach meinen Beobachtungen 75°, nach Bogdanoff an Kurganschädeln 73°, nach Wolkenstein 70° und nach Malieff 73,9°. Wäre es erlaubt aus diesen Zahlen einen Schluss zu ziehen, so würde der Gesichtswinkel sich im Laufe der Zeit verbessert haben. Jedenfalls ist eine derartige Folgerung mit der grössten Vorsicht aufzunehmen, da die Messung des Broca'schen Winkels Willkürlichkeiten erlaubt, welche nicht ohne Einfluss auf das Resultat bleiben können; ihnen schreibe ich unter anderen die von Wolkenstein erhaltene Zahl zu, welche sonst eine ganz ungewöhnlich niedrige sein würde.

Nach v. Ihering gemessen beträgt die Mittelzahl für den Gesichtswinkel 87,7 (87,8 erhielt Ihering selbst); die Schädel sind also mesognath mit einer Neigung zur Orthognathie, letzteres erhellt aus folgender Uebersicht: unter 160 Schädeln waren:

1. *prognath* = 8
2. *mesognath* = 112
3. *orthognath* = 40

Der grossrussische weibliche Schädel.

Es ist ein kraniologisches Abkommen die so variabeln weiblichen Schädel getrennt von den männlichen zu beschreiben, in Folge dessen erlaube ich mir in diesem Abschnitt eine Charakteristik des weiblichen Schädels für sich und im Vergleich zum männlichen zu geben. Die Theilung nach Gouvernements wurde wegen der geringen Anzahl der Schädel aufgegeben, im Ganzen kamen zur Untersuchung 24, 7 aus dem Gouvernement Twer, 2 aus Nowgorod, 12 aus St. Petersburg und 3 aus Pskow. Die Bestimmung der Schädel als weibliche unterliegt keinem Zweifel, obgleich unter der Zahl derselben Exemplare vorkamen, deren richtige Geschlechtsbestimmung ohne die dokumental begründete Aufschrift, entweder nur höchst unsicher, wenn nicht geradezu unmöglich gewesen wäre.

Der Inhalt beträgt im Mittel 1345, Maximum = 1534, Minimum = 1122. Der Schädelraum ist also in jeder Hinsicht ein viel beschränkterer als bei den Männern, besonders was die maximalen Zahlen anbetrifft. Die von mir erhaltene Mittelzahl stimmt vollständig mit den Resultaten anderer Beobachter überein, z. B. mit Bogdanoff (1353) und Wolkenstein (1365). Die auffallend geringe Zahl von 1292, welche Malieff aufstellt, findet vielleicht in der geringen Zahl der Messungen ihre Erklärung. Hudler erhielt für 39 deutsche Frauen 1360 und für kaukasische Frauen im Allgemeinen 1323—1349. Es besteht die Meinung (Huschke) dass je höher eine bestimmte Nation auf der Stufenleiter der Civilisation steht, der Unterschied in dem Rauminhalt der männlichen und weiblichen

Schädel sich proportionell vergrössert. Die Geschlechtsdifferenz des Inhalts grossrussischer Schädel beträgt circa 100 CC., sie würde mehr ein Verhältniss ausdrücken, welches auf das Geschlecht an und für sich zurückzuführen ist, ohne auf die eben angeführte Meinung direkt Beziehung zu haben. Zu vergessen ist hierbei nicht, dass die von mir untersuchten Schädel ausschliesslich der arbeitenden Klasse angehören, in welcher der Unterschied in Bezug auf Beschäftigung und Bildung nicht nur ein sehr geringer ist, in Bezug auf die physische Arbeit aber kaum existirt. Ein ähnlicher Schluss wurde übrigens schon von Protzenko[1]) über den Geschlechtsunterschied des Kleinrussenschädels ausgesprochen.

Das Gewicht beträgt im Mittel 650 grm., Maximum = 844, Minimum = 397. Auffällig ist hierbei, dass die eben angegebene Mittelzahl sich in nichts von der für die männlichen Schädel erhaltenen unterscheidet, vielleicht ebenfalls auf Grund der eben ausgesprochenen gleichartigen physischen Entwickelung; relativ würden sogar die weiblichen Schädel schwerer als die männlichen sein. Meine Zahlen stehen in dieser Beziehung in einem scharfen Gegensatze zu den Gewichtsresultaten Bogdanoff's, bei welchem der Geschlechtsunterschied circa 100 grm. ausmacht. Auch bei Hudler beträgt die Gewichtsdifferenz des Geschlechtes an deutschen Schädeln 36 grm. zu Gunsten der Männer, bei Huschke sogar 115 grm.

Der Gesichtsindex ist im Mittel = 90,1, eine Zahl, welche fast die gleiche für beide Geschlechter ist. Tabellarisch geordnet erhalten wir:

1. *chamaeprosope* = 11
2. *leptoprosope* = 13

Der Unterschied zu Gunsten eines hohen und schmalen Gesichtes ist folglich ein sehr geringer. Was die Stirnbildung anbetrifft, wäre hervorzuheben, dass dieselbe relativ breiter und höher als die männliche ist, obgleich die Intertuberalbreite geringer ausfällt. Der vertikale Theil der Stirn ist viel deutlicher ausgesprochen und der Stirnbogen stärker gekrümmt, ein allmähliges Zurückweichen gegen den Scheitel ist viel weniger bemerkbar, im Gegentheil findet sich oft, dass, wie beim kindlichen Schädel, der vordere Theil der Stirn bis über die *Tubera frontalia* in einer vertikalen Linie liegt. Eine persistirende Stirnnath kam nicht vor. Die *Tubera frontalia* und *Arcus superciliares* waren nur an zwei Schädeln stark entwickelt, niemals aber untereinander vereint. Ein leichter sagittaler Frontalkamm fand sich in 2 Fällen.

In der Form und Umgrenzung der Augenhöhle boten sich keine Besonderheiten dar, vielleicht mit Ausnahme der, dass die im Allgemeinen länglich viereckige Oeffnung viel seltner als bei den Männern eine schiefe Queraxe besass. Ellyptisch war die Form an 3 Schädeln, an einem anderen (St. Petersburg № 1) kreisrund. Der Index beträgt 82,0 (der

1) Protzenko. l. c. p. 127.

gleiche wie bei den Männern) relativ würde also die weibliche Augenhöhle im Vergleich zu dem viel kleineren Gesicht höher und breiter als die männliche sein. Die Scala der Indices verhält sich folgendermaassen:

1. *mikroseme* = 8
2. *mesoseme* = 9
3. *megaseme* = 6

Aus der eben gegebenen Tabelle kann man den Schluss ziehen, dass megaseme Augenhöhlen verbunden mit breiter und hoher Stirn bei den weiblichen Schädeln viel häufiger vorkommen als bei den männlichen.

Nie Nase ist durchgängig viel weniger prominent als bei den Männern, denn der Winkel beträgt 131 gegen 124. Die Nasenknochen sind absolut kürzer (2,2 Cnt.) und schmäler (0,8 Cnt.), aber relativ breiter als die männlichen. Ihre Form bietet nichts besonderes, häufig fehlte der Sattel auf dem Rücken (in 11 Fällen), in zwei aus dieser Zahl war der Rücken vollkommen platt. In zwei Fällen befand sich der Sattel im oberen Drittel, in zwei weiteren waren die Knochen der ganzen Länge nach untereinander verwachsen, in einem dritten nur in der oberen Hälfte, in einem vierten nur an der Spitze. An № 2 aus Pskow wich die ganze Nase stark nach rechts ab. Der Index ist 50,0, die Oeffnung ist also viel breiter als bei den Männern, auch ihre Höhe ist relativ etwas grösser. Die Nasenwurzel ist im Verhältniss zur Breite der Oeffnung schmäler. Nach dem Index finden sich:

1. *leptorhine* = 9.
2. *mesorhine* = 8.
3. *platyrhine* = 7.

Auch durch diese Tabelle bestätigt sich die eben ausgesprochene Meinung über den Geschlechtsunterschied der Nase; das fast gleichhäufige Vorkommen eines platyrhinen Index bietet ein ganz anderes Verhältniss als an den männlichen Schädeln.

An dem Oberkiefer spricht sich das Geschlecht nur durch die kleinen Mittelzahlen aus, die Höhe und Breite ist $\frac{60}{58}$. Die Form und Entwickelung des Knochens variirt ebenso wie bei den Männern, verhältnissmässig häufig wurde Prognathismus der Frontalzähne beobachtet. Interstitien zwischen den Frontalzähnen kamen an 3 Schädeln vor, an einem betrug der Zwischenraum zwischen den mittleren Incisivi 0,6 mm., an einem zweiten fanden sich Interstitien zwischen allen Frontalzähnen, an einem dritten links ein Zwischenraum zwischen dem mittleren und seitlichen Incisivus, rechts zwischen dem äusseren Incisivus und dem Caninus.

Der Unterkiefer ist absolut und relativ kürzer und schmäler als an den männlichen Schädeln, nur seine Höhe ist relativ grösser. Die Höhe und Breite der Aeste beträgt $\frac{59}{32}$, auch die Aeste sind relativ breiter. Der Winkel ist als scharfes Geschlechtsmerkmal in jeder Beziehung grösser, nämlich 121 gegen 119 der männlichen Schädel. Das Kinn ist

mehr abgerundet, sonst ist der Knochen in seiner Form vollkommen dem männlichen identisch. An zwei Schädeln kamen starke Zwischenräume zwischen sämmtlichen Frontalzähnen vor.

In der *Norma lateralis* bietet der weibliche Schädel einige charakteristische Merkmale. An der Curve des Hirnschädels sind die drei Bogenstärker gekrümmt und die Uebergänge aus der Stirn in den Scheitel, aus dem Scheitel in das Hinterhaupt und aus letzterem in die Basis viel deut-licher ausgeprägt als an dem männlichen Schädel. Besonders bemerkbar ist der langgezogene Scheitel und das viel prominentere Hinterhaupt. Der Gesichtstheil ist im Vergleich zu dem Hirntheile viel kleiner, der ganze Schädel ist auf Kosten seiner hinteren Hälfte vergrössert. In Folge des Ebengesagten besitzt die Umgrenzungslinie in der Mehrzahl der Fälle die Form einer langen Ellypse (18 Schädel), oder die Form einer langen Parabel (6 Schädel), im letzteren Falle ist das Hinterhaupt weniger gewölbt und steiler abfallend. Ein Sattel hinter und längs der Kranznath kam an 2 Schädeln zur Beobachtung. Das Pterion war regelmässig in 21 Fällen, in einem enthielt dasselbe beiderseits Schaltknochen, an einem zweiten nur auf der linken Seite. An № 6 aus St. Petersburg befand sich beiderseits eine breite Verbindung zwischen dem Temporale und Frontale. Nur an zwei Schädeln war der Temporalkamm gut ausgesprochen, an den meisten fehlte derselbe vollkommen. Die Schläfenlinien waren bald einfach, häufiger doppelt, in 3 Fällen waren sie nicht entwickelt.

In der *Norma vertikalis* herrscht die langgezogene ellyptische oder ovale Form der Schädelcurve vor. Der Stirnbogen ist breiter als bei den Männern, der Hinterhauptsbogen weniger flach und schmaler. Ein kurzes breites Oval mit breitester Stelle an den *Tubera parietalia* boten 4 Schädel. Die Nase und die *Arcus zygomatici* sind gewöhnlich nicht zu sehen. № 3 aus St. Petersburg ist ein Schiefschädel mit Abweichen der linken Hälfte nach hinten. Mit Ausnahme von 6 besassen die übrigen Schädel alle Näthe. An № 8 aus St. Petersburg war die *Sagittalis* theilweise verstrichen, an № 7 aus Twer die hintere Hälfte der *Sagittalis* und der mittlere Theil der *Lambdoidea*. An № 3 aus Twer fehlte die *Sagittalis* theilweise und symmetrisch der Schläfentheil der *Coronalis*. Die drei grösseren Näthe waren theilweise verwachsen an № 2 aus Twer, № 9 aus St. Petersburg und № 3 aus Pskow. Das frühste Alter für die theilweise Verwachsung der drei grössern Näthe bildete das 28. Jahr.

In der *Norma occipitalis* bietet die Umgrenzungslinie am häufigsten die Form eines Fünfecks mit fast winklich gekrümmten Scheitelbogen ohne deutlich ausgebildeten Kamm. Charakteristisch ist für diese Figur, dass wegen der absolut und relativ viel grösseren Parietalbreite des weiblichen Schädels die *Tubera parietalia* viel deutlicher hervortreten und dass die ganze obere Hälfte des Fünfecks bedeutend breiter als die untere ist. In Folge der geringeren Mastoidealbreite convergiren die schwach gewölbten Seiten der Figur viel stärker gegen die Basis als an den männlichen Schädeln. Durchgängig ist das Hinterhaupt viel breiter als hoch, da nur die Basisbreite gleich gross mit der Höhe ist. Ganz das Gleiche ist der Fall mit der zweithäufigst vorkommenden Gestalt der Schädellinie, nämlich mit der eines Vierecks mit gleichmässig schwach gewölbter Kuppel, auch hier fällt die grosse Breite der oberen

Hälfte im Vergleich zur unteren in die Augen. Eine mehr ellyptische Contour besassen 4 Schädel, eine fast dreieckige № 4 aus Twer. Die *Lineae semicirculares* boten nichts Eigenthümliches, meistentheils waren zwei vorhanden, in 2 Fällen die obere torusartig vorspringend, in 7 Fällen fand sich eine *Suprema*; die *Spina* fehlt gewöhnlich. An № 7 aus St. Petersburg fehlten die bogenförmigen Linien und an Stelle der oberen fand sich eine Furche. Die *Processus condyloidei* reichten weiter als die *Proc. mastoidei* herab in 13 Fällen, standen in einer Höhe in 5 und erreichten die Horizontale der *Proc. mastoidei* nicht in 6. An № 2 aus Pskow stand die linke Seite des Schädels tiefer als die rechte und der linke Gelenkfortsatz war stärker ausgebildet.

Die Basis ist mehr in die Länge gezogen als bei den männlichen, derselbe Umstand spricht sich auch in der Form des *Foramen magnum* aus, dessen Ellypse eine relativ längere und schmalere ist, der Index desselben beträgt 80,0, gegen 85,7 bei Männern. Der Winkel des *Foramen magnum* ist ebenfalls geringer. Der weibliche Gaumen ist relativ länger und breiter als der männliche, die ellyptische Form des Alveolarbogens ist dieselbe. Nur in einem Falle war die Mittellinie des Gaumens nach unten convex. Die *Sutura incisiva* fehlte in 12 Fällen, wobei als das mittlere Alter ihres Verschwindens das 41. Jahr anzunehmen ist (bei Männern das 33.), in 11 Fällen nahm die Nath ihren Anfang aus dem *Foramen incisivum*, in einem aus der *Sutura palatina*.

Das *Foramen jugulare* war auf der rechten Seite weiter an 17 Schädeln, auf der linken an 6, beiderseits gleichweit an einem.

Die Mittelzahl für den Breitenindex beträgt 80,2 gegen 81,1 der männlichen Schädel, also sind die weiblichen noch rein brachycephal, trotzdem dass der Index ein etwas geringerer ist. Tabellarisch geordnet erhalten wir aus eigenen und fremden Beobachtungen, zu denen ich in diesem Falle auch die weiblichen Kurganschädel Bogdanoff's rechne, folgende Uebersicht:

	dolichoceph.	*subdolichoc.*	*subbrachyc.*	*brachyceph.*	
Bogdanoff.....	—	3	5	3	11
Protzenko.....	—	—	—	2	2
Wolkenstein.....	—	3	2	3	8
Malieff.....	—	—	1	5	6
eigene Beobachtung.....	1	4	3	16	24
	1	10	11	29	51

Auf Grund der ebenangeführten Ziffern würden unter den weiblichen Schädeln circa 2 Procent dolichocephale und 19 Procent subdolichocephale Schädel vorkommen (nach den

eigenen Beobachtungen 4 Procent dolichocephale und 17 Procent subdolichocephale), hieraus ist ersichtlich, dass, was den Breitenindex anbetrifft, sich fast kein Unterschied zwischen den Geschlechtern herausstellt; höchstens könnte man annehmen, dass die Subdolichocephalie bei Weibern etwas häufiger vorkomme. Nach Tabelle № X ist die höchste Breite auch relativ etwas geringer als an den männlichen Schädeln. Die Mittelzahl für den Breitenindex ist bei Bogdanoff für Männer und Weiber die gleiche (79), bei Wolkenstein für die ersteren brachycephal, für die letzteren subbrachycephal. Meine Resultate eines fast gleichen Breitenindex für beide Geschlechter sind in sofern nicht ohne Interesse, weil in der kraniologischen Literatur eine gewisse Meinungsdifferenz existirt in Bezug auf die Frage, welches Geschlecht das mehr dolichocephale sei. Während Weisbach[1]) den weiblichen deutschen Schädel geradezu für brachycephal erklärt, rechnet er die männlichen zu den dolichocephalen; im Gegensatz hierzu glaubt Welker[2]), dass ein beachtenswerthes Merkmal des weiblichen deutschen Schädels eben in seiner grösseren Schmalheit bestehe. Letzter Autor macht jedoch ausserdem die Bemerkung (p. 122), dass es nicht mit Nothwendigkeit zu erwarten ist, dass das von ihm behauptete Verhältniss bei allen Racen ein durchgreifendes sei.

Eines der charakteristischsten Merkmale des weiblichen Schädels besteht in seinem, im Vergleich mit dem männlichen, geringeren Längen-Höhenindex. Während derselbe bei Männern 76,0 beträgt, erreicht er am weiblichen nur 73,4. Die Ursache dieses geringen Index ist in der platten Form des Scheitels und in der in jeder Beziehung kleineren vertikalen Höhe zu suchen. Der Geschlechtsunterschied des Höhenindex ist ein allgemein anerkanntes Merkmal, destomehr ist es auffallend, dass die Beobachtungen anderer Autoren an weiblichen grossrussischen Schädeln theilweise gerade das umgekehrte Resultat erzielt haben. Nur Bogdanoff und Wolkenstein stimmen mit meinen Mittelzahlen überein, während Protzenko und Malieff den weiblichen Höhenindex bedeutend grösser als den männlichen erhalten. Auch in diesem Falle liegt der Grund vielleicht in der geringen Zahl des Materials. Tabellarisch geordnet finden sich folgende Formen:

	hypsocephal.	*orthocephal.*	*platycephal.*	
Bogdanoff	2	6	—	8
Protzenko	2	—	—	2
Wolkenstein	5	—	1	6
Malieff	6	—	—	6
eigene Beobachtung	9	11	4	24
	24	17	5	46

1) Weisbach. Beiträge zur Kenntniss der Schädelformen österreichischer Völker. Wien 1864. III, p. 127.

2) Welker. Kraniologische Mittheilungen. Archiv für Anthropologie. tom. I, 1866, p. 120.

Nach dieser Tabelle würden die weiblichen Schädel meistentheils hypsocephal sein, während aus den ebenangeführten Gründen ich dieselben als orthocephale annehme.

Der Breiten-breitenindex bietet keine Unterschiede, der Breiten-höhenindex ist bei den Weibern geringer.

Der weibliche Schädelumfang ist bedeutend kleiner als der männliche, 504 gegen 513, ebenso die Querbogen. Was den Längsbogen anbetrifft, so ist der Geschlechtsunterschied in der Mittelzahl viel weniger deutlich ausgesprochen. Die Länge des Stirnbogens ist relativ grösser als beim Manne, ebenso die Länge des Occipitalbogens; der Stirnbogen an und für sich ist bedeutend grösser als der Scheitelbogen.

Der Broca'sche Gesichtswinkel ist nach meinen Messungen um einen Grad grösser als bei Männern, nach denen der übrigen Beobachter würde der Unterschied sogar 2 bis 4 Grad betragen. Würde man hieraus die Folgerung ziehen, dass der grossrussische weibliche Schädel orthognather ist als der männliche, so fände die Weisbach'sche Meinung in Bezug auf den deutschen Schädel, erhalten allerdings durch eine andere Messmethode, ihre Bestätigung gegen Welker und Kollmann,[1]) welche das Gegentheil annehmen.

Nach dem Ihering'schen Gesichtswinkel existirt in der Mittelzahl absolut kein Geschlechtsunterschied, tabellarisch geordnet bieten die Schädel folgende Formen:

1. *prognathe* = 3
2. *mesognathe* = 14
3. *orthognathe* = 7

Vergleicht man diese Zahlen mit denselben der männlichen Schädel, so würde das Procent der Orthognathie zu Gunsten der weiblichen Schädel ausfallen.

Kurz zusammengefasst würde der Geschlechtsunterschied hauptsächlich in Folgendem bestehen: Der weibliche Schädel besitzt eine etwas geringere Capazität bei gleicher Schwere mit dem männlichen, das Gesicht ist schmaler, die grossen Oeffnungen des Gesichts ebenso wie das Hinterhauptsloch sind relativ geräumiger, ebenso ist der Gaumen relativ breiter und länger, der Winkel des Unterkiefers ist grösser. Der Stirntheil des Schädels ist in die Breite und Länge relativ stärker entwickelt und die Stirn mehr senkrecht gestellt; der Scheitel ist flacher und länger; das Hinterhaupt mehr gewölbt. Der Schädel ist in der Gegend der *Tubera parietalia* relativ breiter bei einer verhältnissmässig viel schmaleren Basis. Die hintere Hälfte des Schädels ist im Vergleich zur vorderen mehr in die Länge entwickelt; der Höhenindex und Breiten-höhenindex sind geringer, die Neigung zur Orthognathie überwiegt beim weiblichen Geschlecht.

---

1) Kollmann. Beiträge zu einer Kraniologie der europäischen Völker. Archiv für Anthropologie. tom. XIII, 1881, p. 87.

Der Typus der grossrussischen Schädel und seine Reinheit.

Ehe ich an die Antwort auf die Möglichkeit einer Feststellung eines bestimmten Schädeltypus und seiner Reinheit trete, erlaube ich mir vorerst die Meinungen anderer Beobachter anzuführen. Der erste, welcher eine bestimmte Ansicht über den uns beschäftigenden Schädel ausspricht, ist Kopernitzky. Nach ihm bietet der slavische Stamm in seinem Schädelbau einen besonderen und stark sich von anderen Völkern unterscheidenden kraniologischen Typus, wobei die verschiedenen Völker der slavischen Race ebenfalls mehr oder weniger unter einander variiren. Die Kleinrussen haben am meisten die Reinheit des allgemeinen slavischen Schädeltypus bewahrt, während im Gegentheil die Grossrussen deutliche Zeichen einer starken Abweichung darbieten[1]). Zu diesen Abweichungen und ausserdem zu den Besonderheiten des grossrussischen Schädels zählt derselbe Autor: die bedeutende Schmalheit der Schädel, ihre ungewöhnlich breite Stirn, die stärkere Convexität des Hinterhauptes, die länglich ovale Umgrenzung des Schädels in der *Norma vertikalis*, das mehr ovale *Foramen magnum* und endlich das breite Gesicht. Landzert[2]) nimmt drei verschiedene Formen des Grossrussenschädels an, der reinste Typus: in der *Norma vertikalis* breit oval, in der *Norma occipitalis* ebenso breit als hoch, fast quadratisch, denn der obere Winkel springt sehr wenig hervor, die seitlichen Ränder laufen entweder parallel oder convergiren unbedeutend nach unten, die grösste Breite liegt oberhalb der Ohrgegend. Steil von der Mitte der *Sutura sagittalis* abfallendes Hinterhaupt, sehr stark entwickelte *Lineae semicirculares* und *Spina occipitalis*, starke *Processus mastoidei* mit durchfurchter Oberfläche. Die Augenhöhlen gross, mehr breit als hoch, die untere äussere Ecke ausgezogen, abgerundet. Die *Arcus superciliares* gut entwickelt, eine wulstige Erhöhung über der Nasenwurzel bildend, die Nasenwurzel eingezogen, der *Processus alveolaris* des Oberkiefers perpendiculär gerichtet, vorn sehr kurz, das Gesicht breit, quadratisch. — Zweite Gruppe: kleine, niedrige Augenhöhlen, mehr gewölbter Scheitel, *Norma occipitalis* fünfeckig mit abgerundeten Winkeln. — Dritte Gruppe: wenig ausgesprochene *Arcus superciliares*, nicht eingedrückte Nasenwurzel, quadratisch grosse Augenhöhlen, die grösste Breite des Schädels fällt in die Gegend der *Squama ossis temporum*, hier erscheint der Schädel wie aufgetrieben. Das Endresultat der Untersuchungen Landzert's besteht in Folgendem: der Grossrussenschädel hat, trotzdem dass ein grosser Theil der aus Asien eingewanderten Völker über Russland sich verbreitet und Spuren seines Aufenthalts zurückgelassen hat, den reinen slavischen Typus nicht eingebüsst. Protzenko[3]) spricht sich gegen die Meinung von Kopernitzky aus, dass der Grossrussenschädel stark von dem slavischen Typus abgewichen wäre. Die übrigen Meinungen, welche sich in der Literatur finden, beziehen sich grösstentheils auf die Indices. Z. B. nennt Welker[4]) die

1) Kopernitzky. l. c. p. 103.
2) Landzert. l. c. p. 177.
3) Protzenko. l. c. p. 135.
4) Welker. l. c. p. 135.

Grossrussen subbrachycephal mit einem Breitenindex von 80, während Schmidt[1]) die Russen mit den Czechen zu den am meisten brachycephalen Völkern Europas zählt, ihre Hirnkapseln sind dagegen durchschnittlich breit und mässig niedrig.

Unterwirft man die ebenangeführten Meinungen einer vorurtheilsfreien Kritik, so muss man sich jedenfalls über die Widersprüche wundern, welche in Bezug auf die charakteristischen Eigenschaften der grossrussischen Crania in der Literatur herrschen. Der Eine hält den Schädel für slavisch-typisch und rein, während der Andere zu einem diametral verschiedenen Schlusse kommt, Niemand stellt jedoch diejenige Schädelform auf, welche als der Grundtypus für slavische Schädel überhaupt oder für die Grossrussen im Besonderen überhaupt zu betrachten wäre und welche durch ihre Vergleichung allein die Möglichkeit darbieten könnte, über Bewahrung der Reinheit des Untersuchungsmaterials oder sein Abweichen von derselben ein festes Urtheil auszusprechen. Dass die drei von Landzert aufgestellten Gruppen oder die Schlussfolgerungen von Kopernitzky diese Bedingungen nicht erfüllen, liegt auf der Hand; bei Beiden ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, die Gruppeneintheilung oder die unterscheidenden Merkmale auf rein individuelle Variationen zurückzuführen, die, wie es nicht anders zu erwarten ist, sich immer leicht widersprechen können. Jedenfalls wäre zuerst die Frage zu entscheiden, was man unter typischen Schädeln versteht. His[2]) giebt folgende Definition: Eine typische Schädelform ist diejenige zu nennen, welche in regelmässigem Wiederkehr einen Complex nebeneinander vorhandener Eigenschaften aufweist, aber niemals einen einzelnen Charakter, z. B. den der Dolichocephalie. Während nun für ein Volk, welches durch seine geographische Lage und seine historische Entwickelung die Möglichkeit hatte, völlig frei von einer Mischung mit anderen Völkern zu bleiben, bei genügendem Material es nicht schwer fallen kann, die typische Schädelform zu bestimmen, bieten die Völker Europas gerade in dieser Beziehung die grössten Schwierigkeiten. Die Geschichte lehrt uns z. B., speciell auf die Grossrussen bezogen, dass dieselben nicht von Anfang an ihre heutigen Sitze einnahmen, sondern dass dieselben in das schon von fremden Stämmen bevölkerte Land von Süden einwanderten. Auch nach der definitiven Besitzergreifung Russlands durch die Slaven, blieben letztere nicht ungestört in ihrer Entwickelung, sondern wurden mehrere Male, und noch in historischer Zeit, von Völkerwellen überfluthet, welche bei ihrem Zurückweichen Spuren einer, wenn auch nur kurzzeitigen Mischung zurücklassen mussten. Bestimmend für die Entwickelung einer typischen Schädelform ist jedenfalls ein dem Knochensystem innewohnendes Gesetz (Koelliker), welches durch die Blutsverwandtschaft eines in sich geschlossenen Volksstammes zwischen seinen Mitgliedern weiter vererbt wird. Eine solche in den allgemeinen und Hauptmerkmalen sich wiederholende Schädelform kann im Detail modificirt werden durch von Aussen her wirkende

1) Schmidt. Kraniologische Untersuchungen. Archiv für Anthropologie. t. XII, 1880, p. 169.

2) His. Beschreibung einiger Schädel altschweizerischer Bevölkerung nebst Bemerkungen über die Aufstellung von Schädeltypen. Archiv für Anthropologie. t. I, 1866, p. 67.

mechanische Einflüsse. Eine vollständige Umgestaltung, d. h. das Vorkommen jeder beliebigen Form, muss aber die typische Entwickelung des Schädels erleiden, wenn Mischungen mit anderen Volksstämmen eintreten, für welche letztere eine andere Schädelform die bestimmende ist. A priori kann man beim Eintreten eines solchen Umstandes annehmen, dass die Mischung zweier brachycephalen und nicht mit einander verwandten Stämme einen brachycephalen Schädel erzeugt, und dass die Mischung einer dolichocephalen Bevölkerung mit einer brachycephalen denjenigen Breitenindex hervorrufen wird, welcher dem ursprünglichen Typus desjenigen Stammes entspricht, welcher numerisch die Ueberhand hatte. Würde z. B. ein brachycephales Volk ein dolichocephales völlig assimiliren, so kann man stets erwarten, dass bei einer späteren, rein brachycephalen Generation dolichocephale Schädel auftreten werden, deren Erscheinen man durch das Gesetz des Rückschlages erklären kann. Dass der ursprüngliche Schädeltypus eines Stammes ungemein resistenzfähig ist und bei aller Vermischung sich doch durch Jahrtausende erhalten kann und dass die Racencharaktere bei der Einwanderung schon so befestigt waren, dass sie selbst unter den extremsten Einwirkungen völlig constant blieben, dass endlich ganze Zeiträume nicht im Stande waren, auch nur mässige Veränderungen herbeizuführen, für die Wahrheit dieser Sätze bürgt die Autorität zweier Forscher wie His[1]) und Kollmann,[2]) deren Meinung ich fast wörtlich wiederholt habe.

Ist einmal der Grundtypus einer Race festgestellt, so kann es nicht schwer fallen, mit Hülfe von Vergleichung einer bestimmten Anzahl von Schädeln, welche verschiedenen Generationen angehören, herab bis auf die Jetztzeit, die Entscheidung zu fällen, ob ein Volksstamm seine ursprüngliche Reinheit bewahrt hat oder ob dieselbe durch Kreuzung verloren gegangen ist. Leider besteht eine Hauptschwierigkeit in dieser Beziehung eben in der Aufstellung eines Grundtypus, da unzweifelhaft slavische Schädel aus den frühsten Perioden, welche eine direkte Beziehung zu den Grossrussen beanspruchen könnten, vollkommen unbekannt sind. Jedenfalls glaube ich keinen Fehlgriff zu thun und stütze mich hierbei auf die Angaben Anderer und auf die sogleich folgenden Vergleichungen, wenn ich die Behauptung aufstelle, dass in Bezug auf den Breitenindex der ursprünglich slavische Schädel, dessen Zweig der Grossrussenschädel bildet, ein brachycephaler d. h. ein der jetzigen Generation identischer war.

Schädelfunde aus prähistorischer Zeit gehören in Russland zu den Seltenheiten, sie wiederholen eine für ganz Europa geltende Eigenthümlichkeit, dass dolichocephale Schädel und brachycephale gleichzeitig vorkommen, als deutlichster Beweis gegen die einst herrschende Meinung eines grösseren Alters der Dolichocephalie; v. Baer[3]) ist der erste, welcher das Vorkommen dolichocephaler Schädel aus alten Gräbern des Gouvernements Twer fest-

1) His. l. c. p. 68.
2) Kollmann. Beiträge zur Kraniologie etc. l. c. p. 79.
3) v. Baer. l. c. p. 181.

stellte mit der Bemerkung, dass dergleichen Schädel bis nach Tobolsk vorkommen und dass sie vielleicht den Warägern zuzuschreiben wären. A. Bogdanoff gebührt das grosse Verdienst durch seine Untersuchungen und Ausgrabungen das reichste Material für die ältesten Schädel Russlands aufgestellt zu haben und nur seinen Bemühungen ist es zuzuschreiben, wenn der Schleier, welcher so lange die prähistorische Bevölkerung Russlands einhüllte, einigermassen gelüftet ist. Die unzweifelhaft ältesten Schädel, welche auf Grund der aufgefundenen Geräthschaften der Steinzeit angehörten, wurden bei einem Kanalbau in der Nähe des südlichen Ufers des Ladogasees von Professor Inostranzeff aufgefunden und von A. Bogdanoff beschrieben. Die Zahl der Schädel beträgt 10, darunter 5 männliche, 3 zweifelhaft weibliche und 2 deren Geschlecht unbestimmbar war. Nach der von mir angenommenen Indexscala sind 6 dolichocephal und 4 subdolichocephal. Ein zweiter Fund aus der Steinzeit betrifft einen vom Graf Uwaroff[2]) in Murom, Gouvernement Wladimir, aufgefundenen Schädel, welcher brachycephal war. Einen dritten Fund im Gouvernement Kiew bildet ein von Professor Samokwassoff[3]) entdeckter defekter Schädel mit dolichocephalem Breitenindex. Die Schädel aus der Steinzeit sind also alle, mit Ausnahme eines einzigen, dolichocephal.

Eine zweite Periode, welche für die Kraniologie Russlands durch die Reichhaltigkeit des aufgefundenen Materials von grosser Bedeutung ist, bilden die Schädel aus Kurganen. Von speziellem Interesse für meine Arbeit über grossrussische Schädel sind die Ausgrabungen von Bogdanoff[4]) im Gouvernement Moskau und Jaroslaw. Aller Wahrscheinlichkeit nach kann man das VIII. bis X. Jahrhundert als denjenigen Zeitabschnitt annehmen, in welchem das Volk, welches seine Todte unter Grabhügeln bestattete, die ebengenannten Gouvernements bewohnte. Im Ganzen wurden 134 (152) Schädel aufgefunden, die meisten höheren Alters. Theilt man die des Moskauer Gouvernements nach dem Breitenindex, so sind 56,4 Procent dolichocephal, 20,7 Procent orthocephal (74—76) und 22,7 Procent brachycephal. Unter den Kurganschädeln des Gouvernements Jaroslaw befanden sich 6 männliche (5 dolichocephale und ein orthocephaler) und 6 weibliche (2 dolichocephale und 4 brachycephale). Bogdanoff kommt auf Grund seiner Beobachtungen zu folgenden Schlüssen[5]): in der Kurganperiode findet sich die Mischung zweier Stämme, eines dolichocephalen und eines brachycephalen, wobei der erstere vorherrscht, dabei existiren für beide Schädeltypen gewisse Centra, in denen der eine die Oberhand hat. In letzterer Hinsicht ist der südwestliche und westliche Theil des Moskauer Gouvernements mehr dolichocephal, der nordöstliche und südöstliche mehr brachycephal; hierbei ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei einer grösseren

1) А. Богданова. Человѣкъ каменнаго вѣка. l. c. p. 91.

2) А. Богданова. Человѣкъ каменнаго вѣка. l. c. p. 125.

3) Антропологическая выставка 1879 года. t. III, часть I, выпускъ 3-й, l. c. p. 307.

4) А. Богданова. Матеріалы для антропологіи курганнаго періода. l. c.

5) А. Богданова. Матеріалы etc. l. c. p. 140.

Verbreitung der Untersuchungen der brachycephale Typus, welcher meistentheils in geringer Zahl und so zu sagen nur zufällig zur Beobachtung kam, ebensogut der vorherrschende werden kann.

Im Gouvernement Nowgorod, Kreis Waldai, wurden von Wolkenstein Hügelgräber untersucht, welche den Volksnamen Jalniki (Klagestätten) führen. Der slavische Ursprung dieser eigenthümlichen Weise der Bestattung unterliegt keinem Zweifel[1]). Wolkenstein nennt sie direkt die Gräber der alten nowgorodschen slavischen Bevölkerung. Der Zeit nach würden die Schädel ungefähr dem X.—XII. Jahrhundert entsprechen; alle sind brachycephal, rein dolichocephale kommen nicht vor. Brachycephale Schädel wurden ausserdem in den Kurganen von Staraja-Russa (desselben Gouvernements) gefunden, während in dem Kreise Luga (Gouv. St. Petersburg) und anderen mehr dolichocephale vorkommen.

Zum Schlusse dieses kurzen historischen Ueberblickes erlaube ich mir noch einige Folgerungen A. Bogdanoffs[2]) zu citiren, da dieselben für meine Resultate von besonderer Bedeutung sind. Derselbe sagt: «Während der ältesten Zeitperioden (Steinzeit) finden sich in den Grunddistrikten Russlands nur dolichocephale Schädel, welche man als die ersten Bewohner Russlands anzusehen hat. Dieses Faktum ist für uns desshalb von grosser Wichtigkeit, weil es uns die bedeutende Neigung der jetztlebenden russischen Generation zu einer dolichocephalen Schädelbildung erklärt. Wenn sich später eine immer grössere Beimischung brachycephaler Schädel unter den Grossrussen herausstellte, so ist der Grund in dem Umstande zu suchen, dass schon in der Periode der Steinzeit in den nördlichen und östlichen Grenzdistrikten, angefangen von Murom und den östlichen Kreisen der Gouvernements Moskau und St. Petersburg, das dolichocephale Volk von brachycephalen uralo-altaiischen Stämmen eingeschlossen wurde, die sich mehr und mehr mit den Ureinwohnern mischten. Jetzt, indem ich die Möglichkeit habe die Schädel der verschiedenen Perioden zu vergleichen, halte ich es für das wissenschaftlich Allerwahrscheinlichste, dass die slavischen Grossrussen nicht ein in verhältnissmässig neuerer Zeit in das mittlere Russland eingewanderter Stamm ist, sondern dass ihre Stammältern noch in der Steinzeit dieses Land bewohnten und zwar als ein Volk von grosser anthropologischer Uebereinstimmung und mit einem fest bestimmten kraniologischen Typus». Gegen diese Schlussfolgerungen wäre vieles einzuwenden. Aus der Steinzeit sind im Ganzen höchstens ein Dutzend Schädel bekannt, darunter auch ein brachycephaler, es ist also die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei Vermehrung der Funde sich auch die Repräsentanten der Brachycephalie vermehren werden. Dass die dolichocephalen Schädel der Steinzeit eine grosse Uebereinstimmung mit denen der Kurganperiode zeigen, beweist höchstens, dass dieselben zu einem Stamme gehörten, aber zu welchem, darüber auch nur annähernde Schlüsse zu ziehen, hiesse sich in das Gebiet der gewagtesten Hypothesen begeben. Im Gegentheil glaube ich gegründete Ursache zu haben zu der Be-

1) Wolkenstein. l. c. p. 41.
2) А. Богданова. Человѣкъ каменнаго вѣка. l. c. p. 125.

hauptung, dass die dolichocephalen Schädel der Steinzeit und der Kurganperiode jedenfalls nicht slavische Grossrussen waren und dass die Grossrussen nicht aus Langköpfen in Kurzköpfe durch Mischung mit fremden Elementen sich verwandelt haben, sondern von allen Anfang an brachycephal waren und auch trotz aller Kreuzung ihren Grundtypus bis auf die Neuzeit behauptet haben. Ob dieses Volk autochton in seinem jetzigen Stammlande war oder nicht, überlasse ich der Entscheidung der Historiker; jedenfalls sind die Gründe für eine spätere Einwanderung so genügend, dass man es mir nicht verdenken wird wenn auch ich mich an dieselben halte. Vergleicht man meine Tabellen mit denen der brachycephalen Schädel aus der Kurganperiode, so ist der Unterschied zwischen beiden Reihen ein kaum bemerkbarer; seitlich gepresste Schädel (wenn sich Bogdanoffs Beschreibung in dieser Hinsicht auch auf die brachycephalen bezieht) und besonders ein mässig gewölbtes Hinterhaupt sind auch bei der jetzigen Generation nicht selten, die Messungsresultate sind aber fast identisch. Es würde nicht sehr unwahrscheinlich sein diese brachycephalen Kurganschädel als die ersten einwandernden Grossrussen aufzufassen, welche in dieser Periode noch in geringer Zahl und als vereinzelte Kolonien unter den schon sesshaften dolichocephalen Stämmen erscheinen. Die von Wolkenstein ausgegrabenen unzweifelhaften Slavenschädel aus Nowgorod befinden sich gegenwärtig im hiesigen Institut für praktische Anatomie. Weder die Messungen noch ihre Betrachtung ergeben den geringsten Unterschied von der heutigen Generation. Vergleicht man meine Zahlen mit denen von Malieff und Anderen, so ergiebt zur Genüge, dass der Grossrussenschädel, wo er auch nur vorkommt, überall die gleichen Eigenschaften besitzt und dass überall ein annäherend gleiches Verhältniss der Breitenindices sich herausstellt. Dolichocephale Schädel sind unter der ganzen Masse der brachycephalen doch nur selten; sie können nur zum Beweise dienen, dass Kreuzungen mit langköpfigen Stämmen wirklich vorgekommen sind. Eine andere Frage ist die, wie viel brachycephale fremde Völker unter die Grossrussen gemischt und in der Schädelform der Letzteren aufgegangen sind. Der uns beschäftigende Schädel ebensogut der männliche wie der weibliche, weisen bei der Betrachtung von verschiedenen Seiten in der Contourlinie wenigstens zwei fast gleichhäufig vorkommende Formen auf z. B. in der Seitenansicht bald eine parabolische Curve mit steil abfallendem Hinterhaupt, bald eine mehr ellyptische mit prominentem Occiput. Könnte man diese Eigenschaften vielleicht einer Mischung zweier verschiedenen brachycephalen Typen zuschreiben? Bei dem jetzigen Standpunkte der kraniologischen Wissenschaft und mit unseren jetzigen Hülfsmitteln für die Untersuchung ist die Antwort auf diese Frage unmöglich. Man könnte ebensogut diese Eigenthümlichkeiten rein individuellen Variationen des Schädelwachsthums zuschreiben, deren Ursachen uns so gut wie unbekannt sind. Betrachtet doch Merkel[1]) den Schädel bestehend gewissermassen aus biegsamen Wachs, wobei an einem Rande der Nähte die Anbildung von Knochensubstanz

1) Merkel. Beiträge zur Kenntniss der postembryonalen Entwicklung des menschlichen Schädels. — Beiträge zur Anatomie und Embryologie. Bonn 1882. p. 171.

träger und an dem anderen lebhafter vor sich gehen kann. Entscheidend für einen Schädeltypus ist hauptsächlich der Index der Breite und Höhe und der Iheringsche Gesichtswinkel, oder mit anderen Worten die regelmässige Wiederkehr eines Complexes nebeneinander vorhandenen Eigenschaften; entscheidend für die Bewahrung seiner Reinheit die Vergleichung der Schädel des zu betrachtenden Stammes aus verschiedenen Gegenden und aus verschiedenen prähistorischen und historischen Perioden. Gestützt auf diese Sätze nehme ich keinen Anstand nochmals zu wiederholen, dass der grossrussische Schädel eine typische Schädelform (bei Existenz zweier leichten Varianten) repräsentirt, und dass er seine Reinheit, trotz mannigfaltiger Kreuzung, im Verlaufe der Jahrhunderte nicht eingebüsst hat.

Das mir zu Gebote stehende Material (184 Schädel) und die Vergleichung mit den literärischen Angaben gaben mir zwar meiner Meinung nach das Recht die ebenausgesprochenen Folgerungen aufzustellen, für die jetzt folgenden Angaben halte ich aber meine Untersuchungen durchaus nicht ausreichend, und wenn ich in denselben zwei Varianten des grossrussischen Schädeltypus aufstelle, präservire ich mir die Möglichkeit, dass durch zukünftige weitere und umfangreichere Forschungen zwar nicht die beiden Varianten des Typus, wohl aber die Ortsbestimmung ihres Vorkommens bedeutend erweitert oder verändert werden können.

Bei der Betrachtung der Schädel aus den einzelnen Gouvernements sind unter der Zahl der Letzteren besonders zwei, deren Bewohner durch die grösste Uebereinstimmung der Schädelform sich auszeichnen. Diese Uebereinstimmung charakterisirt sich hauptsächlich dadurch, dass dolicho- und subdolichocephale Schädel vollkommen fehlen und ausserdem dass kein einziges der gemessenen Crania einen prognathen Gesichtswinkel besitzt. Auf Grund dieses glaube ich die Bewohner von Twer und Pskov für die Repräsentanten des reinsten grossrussischen Schädeltypus halten zu dürfen. Da aber beide Gouvernements in einigen Einzelnheiten sich von einander unterscheiden, so sehe ich mich gezwungen zwei Varianten des Typus anzunehmen, welche an und für sich eines dieser beiden Gouvernements repräsentirend in den übrigen gemischt und theilweise durch Kreuzung mit fremden Elementen modifizirt neben einander vorkommen.

Die erste Variante oder der grossrussische Schädeltypus von Twer würde in kurzen Worten folgende Eigenschaften aufweisen: Die Schädel sind rein brachycephal mit einer Neigung zur Subbrachycephalie. dieselben sind rein mesognath und hypsocephal mit starker Neigung zur Mesocephalie. Das Gesicht ist breit und verhältnissmässig niedrig, die Augenhöhlenöffnung ist mikrosem, bald horizontal bald etwas schief gestellt, die Nasenöffnung ist leptorhin, die Nasenknochen stehen im Verhältniss zum vertikalen Theile der Stirn sehr wenig prominent.

Die zweite Variante bildet der Schädeltypus von Pskow: dieselben sind rein brachycephal ebenfalls mit einer Neigung zur Subbrachycephalie, sie sind zwar noch mesognath aber mit starker Neigung zum Orthognathismus. Die Schädel stehen an der Grenze zwischen Hypsocephalie und Mesocephalie, das Gesicht ist schmal und verhältnissmässig hoch, die

Augenhöhlenöffnung mikrosem, die Nasenöffnung leptorhin, die Nase ist etwas mehr prominent als bei der ersten Varietät.

Es wäre noch die Frage zu erörtern, welche der Berufsklassen des grossrussischen Volksstammes die ursprüngliche Reinheit seines Schädeltypus am vollkommensten bewahrt hat. Mein Untersuchungsmaterial kann in dieser Beziehung keinen Aufschluss geben, da die Messungen fast ausschliesslich nur am Bauernstand vorgenommen wurden. Trotzdem glaube ich keinen Fehlgriff zu thun, wenn ich annehme, dass gerade der Bauernstand noch derjenige ist, dessen Blut sich am reinsten von Vermischung erhalten hat. Ich stütze mich hierbei auf die Untersuchungen von Belajeff[1]), aus denen hervorgeht, das überhaupt keine Gesellschaftsstufe der jetzigen Generation den grossrussischen Typus absolut rein repräsentirt. Verhältnissmässig am ungemischtesten haben sich nur die Stadtbewohner der alten russischen Städte und diejenigen Bauernschaften erhalten, welche, als sie zu Ende des XVI. Jahrhunderts sesshaft gemacht wurden, sich in vollständig russifizirten Gegenden und ohne Einfluss von Fremden befanden.

Die Grossrussen bilden einen Zweig der grossen slavischen Völkerfamilie, im Laufe der Zeit vermischten sich mit ihnen skandinavische und besonders finnische Stämme. Es hätte an der Hand gelegen zur Vollständigkeit vorliegender Arbeit Vergleiche mit den Schädelformen derjenigen Stämme anzustellen, welche am innigsten mit den Grossrussen in Berührung traten. Zwei Gründe waren es, die mich von Vergleichungen abhielten. Erstens der Mangel an eigenem Material, da Messungen und Beschreibungen anderer Forscher niemals das eigene Auge ersetzen können und zweitens der Zweifel an dem Nutzen der Vergleichung. Die Gesetze der Kreuzung sind noch völlig unbekannt, wir wissen noch nicht welche Charaktere der Haut, der Muskeln und vor allem des Skelets in Folge von Vermischung geändert werden. So lange in dieser Hinsicht die einzige Errungenschaft der Craniologie in der Beobachtung besteht, dass bei der Kreuzung zweier Typen der Schädel in seinem Bau streng entweder dem Typus des Vaters oder der Mutter folgt[2]), sind bei den mehr als mangelhaften Nachrichten, welche der Beobachter gewöhnlich über den Stammbaum der untersuchten Schädel besitzt, wissenschaftliche Folgerungen über den Einfluss der Mischung als unmöglich anzusehen.

---

1) М. Бѣляева. Какъ образовалось великорусское племя и какое сословіе принять представителемъ великорусскаго племяннаго типа. Извѣстія общества любителей естествознанія при Импер. Московскомъ Университетѣ. tom. I. Москва 1865.

2) Kollmann. l. c. p. 83.

TABELLARISCHE ÜBERSICHT.

№ 1. Gouvernement

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	2 Foram. magn.
Pinega	1	M	18	1368	690	176	176	145	90	131	140	60	131	136	131	500	325	370	125	130	115	95	90	96	
Pinega	2	M	29	1538	760	175	175	146	102	135	144	68	138	134	138	525	340	370	125	130	115	103	80	100	
Onega	3	M	23	1400	715	180	180	139	90	128	130	60	132	133	137	515	320	385	140	110	135	99	94	98	
Onega	4	M	19	1170	640	174	174	139	98	132	134	60	126	128	130	500	320	350	115	105	130	99	92	98	
Cholmogor	5	M	22	1320	585	172	172	142	96	135	141	58	129	129	132	510	333	360	112	128	120	99	86	94	
Cholmogor	6	M	35	1272	570	172	174	132	90	122	124	50	128	124	129	500	310	370	125	135	110	97	89	99	
Cholmogor	7	M	30	1224	665	172	172	142	96	126	124	65	127	118	127	500	320	355	130	110	105	97	79	98	
Cholmogor	8	M	36	1480	825	187	188	137	96	133	134	60	132	136	134	530	325	390	135	130	125	103	93	100	
Cholmogor	9	M	38	1442	760	190	190	138	102	134	131	64	139	127	139	540	325	385	120	150	115	104	96	103	
Cholmogor	10	M	49	1270	625	178	178	138	98	125	135	56	128	129	130	510	320	370	130	130	110	99	99	96	
Cholmogor	11	W	50	1312	510	172	172	135	94	124	132	50	124	122	125	490	315	358	120	118	120	98	80	96	
Schenkursk	12	M	20	1354	625	180	180	140	88	132	137	53	130	130	132	510	325	360	120	120	120	101	87	98	
Schenkursk	13	M	25	1260	580	162	162	146	94	122	134	55	128	128	131	490	335	340	125	110	105	99	75	94	
Schenkursk	14	M	28	1514	635	179	179	138	96	135	136	59	144	139	145	505	335	380	135	135	110	98	92	100	
Schenkursk	15	M	30	1520	715	180	180	149	102	133	135	60	136	136	140	530	340	380	125	145	110	103	99	100	
Gouv. Archangelsk	16	M	18	1432	655	174	174	144	90	128	135	65	141	134	141	508	332	362	128	120	112	102	84	100	
Gouv. Archangelsk	17	M	30	1350	640	174	174	141	98	124	132	80	128	122	130	510	320	360	130	120	110	99	90	96	
Gouv. Archangelsk	18	M	28	1480	685	182	183	147	102	138	127	64	133	133	136	540	340	370	125	130	115	107	91	102	
				1372	660	176	177	141	101	129	133	60	131	130	133	511	326	367	125	125	115	100	88	98	

№ 2. Gouvernemen

Powenetz	1	M	19	1422	537	175	175	139	97	129	123	65	140	134	142	510	330	370	130	120	120	96	83	98	
Petrosawodsk	2	M	22	1374	640	170	172	140	101	128	135	77	136	122	136	500	333	355	130	130	95	104	80	99	
Petrosawodsk	3	M	22	1244	560	170	172	144	92	132	128	60	130	120	131	505	312	345	125	110	115	98	85	100	
Petrosawodsk	4	M	26	1382	785	180	180	140	97	126	130	60	132	122	133	515	328	370	130	120	120	106	84	101	
Putosch	5	M	18	1426	555	176	176	142	90	123	142	55	133	123	135	505	330	375	130	128	117	96	92	88	
Kargopol	6	M	18	1290	565	171	172	135	90	128	134	58	132	123	133	483	320	360	120	130	110	92	85	96	
Kargopol	7	M	18	1492	595	176	176	150	108	140	136	70	132	126	133	525	345	365	125	135	105	105	87	98	
Kargopol	8	M	22	1238	545	179	179	130	92	122	112	60	131	127	133	505	310	350	125	110	115	108	90	110	
Kargopol	9	M	26	1324	805	168	169	146	90	137	140	64	134	136	136	510	330	355	120	120	115	100	88	96	
Kargopol	10	M	27	1460	490	175	175	139	90	131	126	56	133	136	137	505	315	362	122	140	100	100	89	100	
Gouv. Olonetz	11	M	19	1478	540	175	175	142	97	137	132	62	132	130	133	510	320	365	130	130	105	101	90	101	
Gouv. Olonetz	12	M	24	1652	575	174	174	150	100	132	140	72	133	137	138	520	345	365	128	122	115	102	92	96	
Gouv. Olonetz	13	M	38	1340	640	170	170	146	94	128	128	54	128	128	130	500	323	350	120	112	118	99	87	100	
Gouv. Olonetz	14	M	51	1520	685	188	188	146	102	134	137	67	132	128	133	534	345	380	130	130	120	114	97	106	
Kargopol	15	M	29	1400	620	178	178	135	92	130	130	59	128	130	132	505	310	370	130	125	115	95	95	94	
				1403	690	175	176	141	95	130	131	62	132	124	134	509	326	362	126	124	112	106	88	99	

Archangelsk.

27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
ium.magn.		Gaumen.		Gesicht.		Zygomatical-Breite.	Augenhöhle.		Nase.		Breite der Nasenwurzel.	Oberkiefer.		Unterkiefer.						Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenbreitenindex.	Breitenhöhenindex.	Lageindex.	Nasenindex.	Augenbildenindex.	Foram. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Ihering.
																		Aeste.													
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.		Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.		Länge.	Breite.	Länge	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.												
36	32	46	33	115	104	126	34	36	51	23	24	63	60	183	92	32	111	68	41	82,3	74,4	62,0	90,3	XI	45,1	94,4	88,8	91,2	134	69	82,5
36	31	47	42	119	119	134	35	40	50	24	24	67	62	200	110	32	115	69	33	83,4	78,8	68,5	94,5	XI	48,0	87,5	86,1	88,8	122	76	87,5
35	29	48	38	117	106	126	35	35	45	23	24	64	62	180	90	31	115	65	38	77,2	73,3	64,7	94,9	IX—X	51,1	100	82,8	92,8	122	75	83,5
37	33	45	39	116	110	128	34	39	50	29	24	67	65	190	98	32	114	64	37	78,7	71,2	70,5	90,6	X—XI	58,0	87,1	89,1	90,6	129	70	90
36	30	43	43	116	116	130	32	38	48	23	25	64	64	200	98	33	116	60	36	82,5	75,0	67,6	90,8	X—XI	47,9	84,2	83,3	89,2	110	71	87
29	26	42	35	110	105	122	32	38	46	25	25	56	60	180	92	32	112	61	35	76,8	74,4	68,1	96,9	IX—X	54,3	84,2	89,6	90,1	114	74	87
33	29	48	43	112	112	129	30	36	47	23	24	62	62	190	105	33	110	66	35	82,5	73,8	67,6	89,4	IX	48,9	83,3	87,8	86,8	107	73	83
33	31	45	33	116	113	132	34	38	54	24	25	68	58	180	95	32	112	75	41	73,2	70,5	70,0	96,3	X—XI	44,4	89,4	93,9	87,8	120	72	86
35	28	48	34	124	118	134	30	42	47	23	26	67	62	195	105	38	111	75	39	72,6	73,1	73,9	100,0	XI—XII	48,9	71,4	80,0	92,5	98	72	86
37	28	46	39	101	105	126	29	39	48	26	29	57	61	180	100	26	117	58	32	77,5	71,9	71,0	92,0	X	54,1	74,3	75,6	80,1	122	73	82,5
35	29	43	40	90	100	122	30	38	43	23	23	58	53	180	90	23	119	60	30	78,4	72,0	69,6	91,8	IX	53,4	78,9	82,8	73,8	122	78	90
38	31	48	40	120	108	126	32	38	50	22	22	64	62	190	100	36	121	59	38	77,7	72,2	62,8	92,8	X	44,0	84,2	81,5	95,2	124	73	86,5
37	30	44	36	116	108	130	34	37	49	24	21	62	59	180	90	32	114	68	36	90,1	79,0	64,3	87,6	IX	48,9	91,8	81,0	89,2	115	70	87
37	35	43	37	118	109	129	33	39	48	19	22	62	64	180	95	33	115	68	33	77,0	80,4	69,5	101,0	X	39,5	84,6	94,5	91,4	120	75	90,5
36	30	48	35	117	110	129	34	41	49	19	23	67	58	180	90	31	118	69	36	82,7	75,5	68,1	88,3	X	38,7	82,7	83,3	90,7	137	75	88
38	34	46	33	118	106	128	31	36	51	21	22	66	59	190	92	33	116	66	42	82,7	81,0	62,5	97,9	X	41,1	86,1	89,4	92,9	128	69	83
35	29	42	38	114	107	130	30	38	46	23	27	54	57	175	90	37	120	64	31	81,0	73,5	69,5	90,7	X	50,0	78,9	82,8	87,6	128	77	85
39	31	50	42	117	117	140	33	38	54	27	28	64	64	185	100	35	113	69	36	80,7	73,0	69,3	90,5	IX	50,0	86,8	79,4	83,5	128	71	84,5
35	30	45	37	114	109	128	32	38	48	23	24	62	60	184	96	32	115	65	36	80,1	74,4	71,7	92,9	X	47,9	84,2	85,7	89,0	121	72	86,0

Olonetz.

36	31	40	35	120	110	130	37	40	52	23	22	67	59	170	85	31	119	62	36	79,4	80,0	69,7	100,0	VIII–IX	44,2	92,5	86,1	92,3	138	79	87,5
40	32	45	38	116	114	120	31	39	47	23	23	61	63	190	95	34	123	68	33	82,3	80,0	72,1	97,1	XI	48,9	79,4	86,1	96,6	115	81	86
34	31	34	39	123	113	130	35	37	50	22	22	65	65	190	110	33	112	66	36	84,7	76,4	63,8	90,2	X	44,0	94,5	91,1	94,6	130	76	87,0
35	30	49	36	125	110	125	29	36	50	26	25	67	60	190	100	38	128	67	33	77,7	73,3	69,2	94,2	IX—X	52,0	80,5	85,7	100	130	75	85,5
38	29	42	35	106	96	114	33	35	46	22	20	60	59	175	90	31	129	51	31	80,6	75,6	63,3	93,6	X—XI	47,8	94,2	76,3	92,9	122	73	80
32	26	45	34	110	100	121	32	36	44	24	20	60	58	185	90	30	122	57	32	78,9	77,1	66,6	97,7	X	54,5	88,8	81,2	90,9	135	79	82,5
37	29	46	39	113	107	130	35	39	48	25	25	63	65	175	90	30	128	52	34	85,3	75,0	72,0	88,8	X	52,0	89,7	78,3	86,9	138	81	91,5
38	30	46	41	111	108	123	31	40	54	25	19	63	64	185	88	32	124	57	35	72,6	73,1	70,7	100	X	46,3	77,5	78,9	90,2	131	74	88,5
37	29	42	42	120	114	130	31	38	48	26	26	63	66	190	100	33	116	60	32	86,9	79,7	61,6	91,7	IX—X	54,1	81,6	78,3	92,3	105	77	89
38	30	39	39	118	102	128	32	39	45	24	21	62	56	175	95	31	123	59	31	79,4	76,0	64,7	95,6	XI	53,3	82,0	78,9	92,1	122	80	91,5
38	33	45	37	109	104	124	34	40	48	23	22	60	60	175	100	28	121	60	30	81,1	75,4	68,3	92,9	X	47,9	85,0	86,8	87,9	122	79	88
39	30	39	36	111	100	122	31	38	46	23	21	61	61	170	95	28	115	63	35	86,2	76,4	66,6	88,6	X	50,0	81,5	76,9	90,9	128	79	85
33	30	46	34	110	107	128	33	38	48	24	20	61	57	170	90	31	121	65	35	85,9	75,2	64,4	87,6	X	50,0	86,8	90,9	85,9	128	73	86
36	30	49	41	128	114	130	31	40	50	28	23	60	60	170	100	32	122	70	36	77,6	70,2	69,8	90,4	X—XI	56,0	77,5	83,3	98,4	132	80	91,5
36	31	44	37	123	110	128	30	37	51	21	20	68	62	190	100	36	124	66	31	75,8	71,8	68,1	87,4	IX—X	41,1	81,0	86,1	96,0	132	72	85
36	30	44	37	116	107	125	32	38	48	24	23	63	61	180	95	32	122	62	33	80,5	75,4	67,3	93,6	X	50,0	84,2	83,3	92,8	127	77	87,0

№1. Gouvernement Archangelsk.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Maximal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vorderen Hälfte.	23. Länge der hinteren Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis Alveolarrand.
Pinega	1	M	18	1368	690	176	176	145	90	131	140	60	131	136	131	500	325	370	125	130	115	95	90	96	97
Pinega	2	M	29	1538	760	175	175	146	102	135	144	68	138	134	138	525	340	370	125	130	115	103	80	100	98
Onega	3	M	23	1400	715	180	180	139	90	128	130	60	132	133	137	515	320	385	140	110	135	99	94	98	98
Onega	4	M	19	1170	640	174	174	139	98	132	134	60	126	128	130	500	320	350	115	105	130	99	92	98	98
Cholmogor	5	M	22	1320	585	172	172	142	96	135	141	58	129	129	132	510	333	360	112	128	120	99	86	94	96
Cholmogor	6	M	35	1272	570	172	174	132	90	122	124	50	128	124	129	500	310	370	125	135	110	97	89	99	93
Cholmogor	7	M	30	1224	665	172	172	142	96	126	124	65	127	118	127	500	320	355	130	110	105	97	79	98	98
Cholmogor	8	M	36	1480	825	187	188	137	96	133	134	60	132	136	134	530	325	390	135	130	125	103	93	100	101
Cholmogor	9	M	38	1442	760	190	190	138	102	134	131	64	139	127	139	540	325	385	120	150	115	104	96	103	100
Cholmogor	10	M	49	1270	625	178	178	138	98	125	135	56	128	129	130	510	320	370	130	130	110	99	99	96	93
Cholmogor	11	W	50	1312	510	172	172	135	94	124	132	50	124	122	125	490	315	358	120	118	120	98	80	96	88
Schenkursk	12	M	20	1354	625	180	180	140	88	132	137	53	130	130	132	510	325	360	120	120	120	101	87	98	100
Schenkursk	13	M	25	1260	580	162	162	146	94	122	134	55	128	128	131	490	335	340	125	110	105	99	75	94	90
Schenkursk	14	M	28	1514	635	179	179	138	96	135	136	59	144	139	145	505	335	380	135	135	110	98	92	100	96
Schenkursk	15	M	30	1520	715	180	180	149	102	133	135	60	136	136	140	530	340	380	125	145	110	103	99	100	97
Gouv. Archangelsk	16	M	18	1432	655	174	174	144	90	128	135	65	141	134	141	508	332	362	128	120	112	102	84	100	100
Gouv. Archangelsk	17	M	30	1350	640	174	174	141	98	124	132	80	128	122	130	510	320	360	130	120	110	99	90	96	93
Gouv. Archangelsk	18	M	28	1480	685	182	183	147	102	138	127	64	133	133	136	540	340	370	125	130	115	107	91	102	107
				1372	660	176	177	141	101	129	133	60	131	130	133	511	326	367	125	125	115	100	88	98	96

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel.	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomaxillar-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite.	38. Breite der Nasenwurzel.	39. Oberkiefer. Länge.	40. Oberkiefer. Breite.	41. Unterkiefer. Länge.	42. Unterkiefer. Breite.	43. Unterkiefer. Höhe.	44. Unterkiefer. Winkel.	45. Unterkiefer. Aeste. Höhe.	46. Unterkiefer. Aeste. Breite.	47. Breitenindex.	48. Höhenindex.	49. Breitenbreitenindex.	50. Breitenhöhenindex.	51. Lagenindex.	52. Nasenindex.	53. Augenhöhlenindex.	54. Foram. magn. index.	55. Gesichtsindex.	56. Nasenwinkel.	57. Gesichtswinkel nach Broca.	58. Gesichtswinkel nach Hering.
Pinega	75	36	32	46	33	115	104	126	34	36	51	23	24	63	60	183	92	32	111	68	41	82,3	74,4	62,0	90,3	XI	45,1	94,4	88,8	91,2	134	69	82,5
Pinega	74	36	31	47	42	119	119	134	35	40	50	24	24	67	62	200	110	32	115	69	33	83,4	78,8	68,5	94,5	XI	48,0	87,5	86,1	88,8	122	76	87,5
Onega	72	35	29	48	38	117	106	126	35	35	45	23	24	64	62	180	90	31	115	65	38	77,2	78,3	64,7	94,9	IX—X	51,1	100	82,8	92,8	122	75	83,5
Onega	75	37	33	45	39	116	110	128	34	39	50	29	24	67	65	190	98	32	114	64	37	78,7	71,2	70,5	90,6	X—XI	58,0	87,1	89,1	90,6	129	70	90
Cholmogor	74	36	30	43	43	116	116	130	32	38	48	23	25	64	64	200	98	33	116	60	36	82,5	75,0	67,6	90,8	X—XI	47,9	84,2	83,3	89,2	110	71	87
Cholmogor	72	29	26	42	35	110	105	122	32	38	46	25	25	56	60	180	92	32	112	61	35	76,8	74,4	68,1	96,9	IX—X	54,3	84,2	89,6	90,1	114	74	87
Cholmogor	70	33	29	48	43	112	112	129	30	36	47	23	24	62	62	190	105	33	110	66	35	82,5	73,8	67,6	89,4	IX	48,9	83,3	87,8	86,8	107	73	83
Cholmogor	70	33	31	45	33	116	115	132	34	38	54	24	25	68	58	180	95	32	112	75	41	73,2	70,5	70,0	96,3	X—XI	44,4	89,4	93,9	87,8	120	72	86
Cholmogor	76	35	28	48	34	124	118	134	30	42	47	23	26	67	62	195	105	38	111	75	39	72,6	73,1	73,9	100,0	XI—XII	48,9	71,4	80,0	92,5	98	72	86
Cholmogor	70	37	28	46	39	101	105	126	29	39	48	26	29	57	61	180	100	26	117	58	32	77,5	71,9	71,0	92,0	X	54,1	74,3	75,6	80,1	122	73	82,5
Cholmogor	70	35	29	43	40	90	100	122	30	38	43	23	23	58	53	180	90	23	119	60	30	78,4	72,0	69,6	91,8	IX	53,4	78,9	82,8	73,8	122	78	90
Schenkursk	71	38	31	48	40	120	108	126	32	38	50	22	22	64	62	190	100	36	121	59	38	77,7	72,2	62,8	92,8	X	44,0	84,2	81,5	95,2	124	73	86,5
Schenkursk	70	37	30	44	36	116	108	130	34	37	49	24	21	62	59	180	90	32	114	68	36	90,1	79,0	64,3	87,6	IX	48,9	91,8	81,0	89,2	115	70	87
Schenkursk	75	37	35	43	37	118	109	129	33	39	48	19	22	62	64	180	95	33	115	68	33	77,0	80,4	69,5	101,0	X	39,5	84,6	94,5	91,4	120	75	90,5
Schenkursk	75	36	30	48	35	117	110	129	34	41	49	19	23	67	58	180	90	31	118	69	36	82,7	75,5	68,1	88,3	X	38,7	82,7	83,3	90,7	137	75	88
Gouv. Archangelsk	69	38	34	46	33	118	106	128	31	36	51	21	22	66	59	190	92	33	116	66	42	82,7	81,0	62,5	97,9	X	41,1	86,1	89,4	92,9	128	69	83
Gouv. Archangelsk	78	35	29	42	38	114	107	130	30	38	46	23	27	54	57	175	90	37	120	64	31	81,0	73,5	69,5	90,7	X	50,0	78,9	82,8	87,6	128	77	85
Gouv. Archangelsk	70	39	31	50	42	117	117	140	33	38	54	27	28	64	64	185	100	35	113	69	36	80,7	73,0	69,3	90,5	IX	50,0	86,8	79,4	83,5	128	71	84,5
	68	35	30	45	37	114	109	128	32	38	48	23	24	62	60	184	96	32	115	65	36	80,1	74,4	71,7	92,9	X	47,9	84,2	85,7	89,0	121	72	86,0

№2. Gouvernement Olonetz.

Powenetz	1	M	19	1422	537	175	175	139	97	129	123	65	140	134	142	510	330	370	130	120	120	96	83	98	81	76	36	31	40	35	120	110	130	37	40	52	23	22	67	59	170	85	31	119	62	36	79,4	80,0	69,7	100,0	VIII—IX	44,2	92,5	86,1	92,3	138	79	87,5
Petrosawodsk	2	M	22	1374	640	170	172	140	101	128	135	77	136	122	136	500	333	355	130	130	95	104	80	99	88	78	40	32	45	38	116	114	120	31	39	47	23	23	61	63	190	95	34	123	68	33	82,3	80,0	72,1	97,1	XI	48,9	79,4	86,1	96,6	115	81	86
Petrosawodsk	3	M	22	1244	560	170	172	144	92	132	128	60	130	120	131	505	312	345	125	110	115	98	85	100	88	76	34	31	34	39	123	113	130	35	37	50	22	22	65	65	190	110	33	112	66	36	84,7	76,4	63,8	90,2	X	44,0	94,5	91,1	94,6	130	76	87,0
Petrosawodsk	4	M	26	1382	785	180	180	140	97	126	130	60	132	122	133	515	328	370	130	120	120	106	84	101	103	82	35	30	49	36	125	110	125	29	36	50	26	25	67	60	190	100	38	128	67	33	77,7	73,3	69,2	94,2	IX—X	52,0	80,5	85,7	100	130	75	85,5
Putosch	5	M	18	1426	555	176	176	142	90	123	142	55	133	123	135	505	330	375	130	128	117	96	92	88	88	79	38	29	42	35	106	96	114	33	35	46	22	20	60	59	175	90	31	129	51	31	80,6	75,6	63,3	93,6	X—XI	47,8	94,2	76,3	92,9	122	73	80
Kargopol	6	M	18	1290	565	171	172	135	90	128	134	58	132	123	133	483	320	360	120	130	110	92	85	96	94	79	32	26	45	34	110	100	121	32	36	44	24	20	60	58	185	90	30	122	57	32	78,9	77,1	66,6	97,7	X	54,5	88,8	81,2	90,9	135	79	82,5
Kargopol	7	M	18	1492	595	176	176	150	108	140	136	70	132	126	133	525	345	365	125	135	105	105	87	98	93	77	37	29	46	39	113	107	130	35	39	48	25	25	63	65	175	90	30	128	52	34	85,3	75,0	72,0	88,8	X	52,0	89,7	78,3	86,9	138	81	91,5
Kargopol	8	M	22	1238	545	179	179	130	92	122	112	60	131	127	133	505	310	350	125	110	115	108	90	110	102	86	38	30	46	41	111	108	123	31	40	54	25	19	63	64	185	88	32	124	57	35	72,6	73,1	70,7	100	X	46,3	77,5	78,9	90,2	131	74	88,5
Kargopol	9	M	26	1324	805	168	169	146	90	137	140	64	134	136	136	510	330	355	120	120	115	100	88	96	92	82	37	29	42	42	120	114	130	31	38	48	26	26	63	66	190	100	33	116	60	32	86,9	79,7	61,6	91,7	IX—X	54,1	81,6	78,3	92,3	105	77	89
Kargopol	10	M	27	1460	490	175	175	139	90	131	126	56	133	136	137	505	315	362	122	140	100	100	89	100	90	81	38	30	39	39	118	102	128	32	39	45	24	21	62	56	175	95	31	123	59	31	79,4	76,0	64,7	95,6	XI	53,3	82,0	78,9	92,1	122	80	91,5
Gouv. Olonetz	11	M	19	1478	540	175	175	142	97	137	132	62	132	130	133	510	320	365	130	130	105	101	90	101	94	84	38	33	45	37	109	104	124	34	40	48	23	22	60	60	175	100	28	121	60	30	81,1	75,4	68,3	92,9	X	47,9	85,0	86,8	87,9	122	79	88
Gouv. Olonetz	12	M	24	1652	575	174	174	150	100	132	140	72	133	137	138	520	345	365	128	122	115	102	92	96	93	80	39	30	39	36	111	100	122	31	38	46	23	21	61	61	170	95	28	115	63	35	86,2	76,4	66,6	88,6	X	50,0	81,5	76,9	90,9	128	79	85
Gouv. Olonetz	13	M	38	1340	640	170	170	146	94	128	128	54	128	128	130	500	323	350	120	112	118	99	87	100	99	75	33	30	46	34	110	107	128	33	38	48	24	20	61	57	170	90	31	121	65	35	85,9	75,2	64,4	87,6	X	50,0	86,8	90,9	85,9	128	73	86
Gouv. Olonetz	14	M	51	1520	685	188	188	146	102	134	137	67	132	128	133	534	345	380	130	130	120	114	97	106	99	80	36	30	49	41	128	114	130	31	40	50	28	23	60	60	170	100	32	122	70	36	77,6	70,2	69,8	90,4	X—XI	56,0	77,5	83,3	95,4	132	80	91,5
Kargopol	15	M	29	1400	620	178	178	135	92	130	130	59	128	130	132	505	310	370	130	125	115	95	95	94	94	83	36	31	44	37	123	110	128	30	37	51	21	20	68	62	190	100	36	124	66	31	75,8	71,8	68,1	87,4	IX—X	41,1	81,0	86,1	96,0	132	72	85
				1403	690	175	176	141	95	130	131	62	132	124	134	509	326	362	126	124	112	106	88	99	93	80	36	30	44	37	116	107	125	32	38	48	24	23	63	61	180	95	32	122	62	33	80,5	75,4	67,3	93,6	X	50,0	84,2	83,3	92,8	127	77	87,0

№ 3. Gouvernement

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoidal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	2 Foram. magn.
Wologda	1	M	18	1456	705	178	180	142	92	136	136	53	134	131	136	515	330	370	135	130	105	105	90	100	
Wologda	2	M	20	1350	690	175	175	145	96	130	145	60	133	124	133	510	335	365	128	120	117	103	95	102	1
Wologda	3	M	21	1398	600	166	166	142	98	122	127	63	130	122	131	495	340	350	130	110	110	101	85	97	
Stadt Wologda	4	M	27	1246	665	172	172	139	96	120	124	54	126	110	128	500	320	360	125	125	110	105	81	96	
Kadnikow	5	M	23	1760	620	187	187	154	102	146	138	60	128	124	129	545	340	380	134	130	116	104	99	100	1
Kadnikow	6	M	25	1582	640	178	178	145	99	134	132	62	136	132	137	520	340	370	132	128	120	103	91	100	
Kadnikow	7	M	32	1546	675	178	180	142	100	138	132	56	142	134	142	520	340	360	120	120	120	107	88	109	
Gouv. Wologda	8	M	17	1598	620	172	172	152	98	132	140	80	138	132	139	510	345	370	130	125	115	97	90	99	1
Gouv. Wologda	9	M	25	1246	730	172	172	136	94	123	128	62	134	122	134	495	322	350	120	120	110	101	85	104	1
Wologda	10	M	29	1432	755	179	180	148	102	142	142	62	131	130	131	530	338	360	130	120	110	110	85	104	
Gouv. Wologda	11	M	31	1308	690	172	172	138	100	124	122	58	131	126	133	500	325	355	125	130	100	97	86	96	
Solwytschegodsk	12	M	18	1444	490	170	172	135	98	120	128	56	138	135	138	490	330	370	128	132	110	99	88	93	
Solwytschegodsk	13	M	39	1392	477	176	176	140	96	123	118	60	121	126	121	510	320	350	120	128	112	100	93	101	
Grjäsowetz	14	M	18	1322	655	173	174	138	96	120	126	55	126	126	126	505	320	355	130	120	105	100	92	98	
Grjäsowetz	15	M	27	1492	832	172	172	148	100	132	132	63	132	135	135	515	340	370	130	130	110	98	88	97	
Grjäsowetz	16	M	41	1302	587	176	178	130	90	120	122	52	132	132	134	493	310	362	130	118	114	99	88	96	
Ustjug	17	M	20	1690	694	173	173	156	97	132	146	62	140	140	142	527	355	390	135	135	120	98	92	96	
				1458	663	175	176	143	97	129	132	60	133	129	134	512	334	366	129	125	113	102	99	99	

№ 4. Gouvernemen

Gouv. Kostroma	1	W	26	1440	977	176	176	148	94	134	140	58	126	128	129	520	340	370	135	125	110	99	92	91	
Tschuchloma	2	M	19	1418	537	168	168	142	98	130	132	56	134	132	135	495	335	360	130	130	100	99	81	95	
Tschuchloma	3	M	19	1536	610	180	180	143	100	120	140	64	133	132	135	510	342	380	130	140	110	100	98	96	
Tschuchloma	4	M	39	1420	620	174	174	139	93	125	128	50	132	134	134	510	332	365	120	130	115	96	90	98	
Tschuchloma	5	M	21	1426	500	170	172	148	99	128	124	59	128	126	128	510	335	340	115	125	100	98	91	102	
Tschuchloma	6	M	23	1298	590	176	176	136	93	123	119	53	130	127	131	510	315	355	125	125	105	102	87	100	
Tschuchloma	7	M	23	1612	620	176	176	146	100	134	131	60	138	140	139	520	345	380	135	135	110	99	95	98	
Tschuchloma	8	M	29	1440	665	192	192	138	93	129	116	50	136	136	138	530	325	390	140	135	115	106	98	106	
Tschuchloma	9	M	27	1372	940	192	195	146	103	141	127	57	131	128	132	545	325	390	140	130	120	109	93	107	
Tschuchloma	10	M	30	1502	655	174	174	146	98	132	133	54	137	134	137	510	335	365	120	140	105	95	91	101	
Tschuchloma	11	M	33	1372	600	184	186	134	98	116	121	60	128	124	129	525	330	378	130	130	118	111	97	100	
Kologriw	12	M	23	1474	627	170	170	147	102	132	132	76	134	132	136	505	340	365	130	130	105	99	88	94	
Kologriw	13	M	30	1284	629	162	163	142	97	123	120	56	132	128	134	490	332	340	120	120	100	100	87	96	
Kologriw	14	M	44	1374	679	176	177	138	94	125	132	60	134	131	134	518	335	370	130	130	110	104	93	100	
Galitsch	15	M	18	1520	665	174	174	156	97	130	153	67	134	134	135	520	350	375	135	135	105	100	90	95	
Galitsch	16	M	19	1356	462	170	170	142	96	130	124	58	126	126	128	500	325	350	123	117	110	99	90	96	
Galitsch	17	M	24	1350	640	168	168	138	97	128	132	56	135	132	136	490	325	343	117	120	103	97	88	100	
Galitsch	18	M	33	1326	530	168	168	141	94	132	124	58	130	131	132	500	320	350	125	115	110	95	87	94	
Calitsch	19	M	39	1450	605	182	183	141	100	131	131	62	138	132	138	525	335	370	130	125	115	110	87	110	
Galitsch	20	M	43	1200	565	168	168	140	97	120	129	55	122	122	124	500	315	345	120	110	115	97	88	96	
Soligalitsch	21	M	23	1560	700	182	182	142	100	138	128	66	134	132	135	525	330	385	135	125	125	100	96	96	
Soligalitsch	22	M	38	1680	790	188	188	152	103	137	140	64	140	144	140	545	360	395	140	130	125	106	99	104	
				1416	639	175	177	142	97	129	129	59	132	130	133	512	332	365	128	127	110	101	90	99	

Wologda.

27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
m. magn.		Gaumen.		Gesicht.			Augenhöhle.		Nase.			Oberkiefer.		Unterkiefer.																		
																		Aeste.													
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Zygomaxillarbreite.	Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.	Breite der Nasenwurzel.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.	Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenhöhenindex.	Breitenlängenindex.	Lageindex.	Nasenindex.	Augenhöhlenindex.	Foram. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Jhering.
35	30	46	36	127	110	130	34	38	53	25	22	70	60	180	100	39	123	65	38	79,7	75,2	64,7	94,3	X	47,1	89,4	85,7	97,6	140	74	87,5
30	27	45	30	120	102	122	32	39	49	24	23	67	60	190	90	33	109	65	36	82,8	76,0	66,2	91,7	X	48,9	82,0	90,0	98,3	136	76	89
32	25	45	36	117	110	130	32	36	47	23	23	61	59	175	95	33	124	57	32	85,5	78,3	69,0	91,5	IX	48,9	88,8	78,1	90,0	120	80	87,5
33	26	44	37	114	110	124	32	40	53	23	19	64	59	185	105	33	112	66	33	80,8	73,2	69,0	90,6	X	43,3	80,0	78,7	91,9	120	77	91
41	33	44	39	117	110	132	36	40	52	24	22	66	66	180	90	34	109	61	32	82,3	68,4	66,2	83,1	X	46,1	90,0	80,4	88,6	123	77	88,5
37	32	47	39	122	115	130	30	38	51	25	24	65	63	190	92	35	111	72	36	81,4	76,4	68,2	93,7	XI	49,1	78,9	86,4	93,8	117	77	88,5
37	30	47	35	128	124	138	34	40	56	23	23	75	55	190	100	34	117	65	34	79,7	79,7	70,4	100	X	41,0	85,0	81,0	92,7	130	78	90,5
37	33	45	38	114	104	126	31	38	47	25	25	62	62	170	90	34	123	57	35	88,3	80,2	64,4	90,7	X	53,1	81,5	89,1	90,4	130	76	82
31	27	48	40	108	108	132	27	39	42	21	25	58	56	190	95	33	108	65	35	79,0	77,9	69,1	98,5	X	50,0	69,2	87,0	81,8	98	74	86
38	31	45	39	136	112	136	34	40	55	26	26	76	61	185	95	42	121	67	32	82,6	73,1	68,9	88,5	X—XI	47,2	85,0	81,5	100	123	75	92.5
35	30	41	38	112	110	128	35	41	50	19	20	61	61	178	95	29	116	60	31	80,2	76,1	72,4	94,9	X	38,0	85,3	85,7	87,5	111	76	88,5
34	29	41	35	102	100	118	31	36	44	23	22	59	59	165	94	27	122	55	31	79,4	81,1	72,6	102	X	52,2	86,1	85,2	86,4	111	78	87
35	29	51	45	114	114	136	30	39	50	23	23	65	65	195	105	33	115	61	34	79,5	68,7	68,5	86,4	X	46,0	76,9	82,8	83,8	124	71	83,5
34	30	41	36	123	102	122	34	37	53	22	21	70	63	175	90	34	120	63	32	79,7	72,8	69,5	91,3	IX—X	41,5	91,8	88,2	100,8	133	74	88,5
33	31	43	39	123	113	134	32	39	52	25	23	68	63	173	100	36	121	68	32	86.6	76,7	67,5	86,4	IX	48,0	82,0	93,9	91,7	139	77	90
37	31	43	32	118	106	122	32	39	51	26	17	68	55	180	100	34	123	69	33	73,8	75,0	69,2	101	X	50,9	84,2	83,8	96,7	128	73	86,5
31	28	47	42	120	114	132	32	38	51	27	26	68	67	180	95	33	117	65	31	90,0	80,9	62,1	90,3	X—XI	52,9	84,2	90,3	90,9	125	73	86,5
35	30	47	37	119	110	129	32	39	50	24	23	66	61	182	97	34	117	64	34	81,7	76,1	67,8	93,0	X	48,0	82,0	85,7	92,2	124	76	88,5

Kostroma.

37	29	48	38	123	112	128	36	39	50	24	24	69	63	180	90	35	129	64	35	84,0	71,5	63,5	85,1	X	48,0	92,3	78,3	96,0	138	75	85
34	28	45	39	110	110	130	33	38	49	22	21	64	64	180	92	32	114	64	36	84,5	79,7	69,0	94,3	IX	44,9	86,8	82,2	84,6	104	71	84,5
33	25	44	34	102	102	120	30	37	41	23	23	55	60	163	85	31	122	54	31	79,4	73,8	69,9	93,0	X—XI	56,9	81,0	75,7	85,0	123	78	85,5
34	28	50	39	110	110	130	32	39	46	25	21	59	63	180	103	32	118	64	32	79,8	75,8	66,9	94,9	IX—X	54,3	82,0	82,2	84,6	123	73	83
36	30	44	36	115	110	128	32	39	50	23	23	63	61	170	90	34	123	57	34	87,0	75,2	66,8	86,4	IX	46.0	82,0	83,3	89,8	134	74	87
37	29	44	37	117	102	124	31	40	50	22	20	67	59	180	88	35	125	62	30	77,2	73,8	68,3	95,5	X	44,0	77,5	78,8	94,3	118	78	91
36	30	48	37	115	108	126	35	40	47	24	22	65	62	175	95	31	118	55	34	82,9	78,4	68,4	94,5	IX—X	51,0	87,5	83,3	91,2	133	76	86,5
33	29	41	42	118	111	128	31	38	51	27	22	67	64	185	100	35	114	68	38	72,3	71,3	67,3	98,5	XI	52,9	81,5	87,8	92,1	128	79	90
35	28	47	41	127	122	140	35	42	54	26	24	73	63	180	105	32	108	78	35	76,0	68,2	70,5	89,7	X	47,9	83,3	80,0	90,7	111	82	92,5
34	28	44	36	114	106	132	33	40	48	21	20	61	58	180	100	31	120	68	33	83,9	78,7	67,1	93,8	X	43,7	82,5	82,2	86,3	128	72	86,5
33	28	46	40	124	110	126	35	42	54	26	24	71	66	190	90	36	118	71	35	72,8	69,5	73,1	95,5	X—XI	47,9	83,3	84,8	98,4	128	77	93
36	28	46	36	113	104	130	33	40	49	21	21	66	56	180	95	33	119	56	29	86,4	78,8	69,3	91,1	IX—X	42,9	82,5	77,7	86,9	106	77	88
35	32	40	38	125	110	132	35	38	54	22	22	67	60	175	93	31	129	62	31	87,6	81,7	68,3	92,9	X	40.7	92,1	91,4	94,6	138	77	91,5
34	28	48	40	124	111	129	33	37	50	23	22	70	64	180	100	39	116	69	39	79,5	77,3	68,1	97,1	X	46,0	89,1	82,2	96,0	120	77	86,5
36	30	46	40	123	110	133	34	38	49	27	27	66	66	185	100	36	117	64	33	89,5	77,0	62,1	85,8	X	55,1	89,4	83,3	92,4	128	75	84,5
35	28	42	31	110	99	120	33	38	49	21	21	61	54	170	95	32	122	56	32	83,5	74,1	67,6	88,7	X	42,9	86,8	80.0	91,6	139	76	91,5
36	28	47	42	128	106	130	34	39	57	20	20	72	66	185	90	36	120	72	35	82,1	80,3	70,2	97,8	IX	35,0	87,1	77,7	98,4	132	70	86
36	32	44	35	124	106	130	37	39	51	21	22	67	57	160	105	36	122	60	28	83,9	77,3	66,6	92,1	IX—X	41,1	94,8	88,8	95,3	132	76	90
33	30	44	40	120	112	134	35	41	50	26	26	65	63	190	105	32	116	65	37	77,4	75,8	70,9	97,9	X—XI	52.0	85,3	90.9	89,5	122	82	92,5
28	24	44	36	110	108	125	33	37	51	23	25	61	51	170	85	27	122	57	29	83,3	72,6	69,2	87,1	X	45,0	89,1	85,7	88,0	122	72	86,5
37	35	46	43	122	110	132	34	41	55	23	26	66	65	180	105	33	121	72	31	78.0	73,6	70,4	94,3	X	41.8	82,9	94,5	92,4	121	71	84
38	31	50	41	124	116	132	30	41	51	26	26	69	58	195	110	34	123	68	40	80,8	79,7	67,7	92,1	X	50,9	73,1	81,5	93,1	125	82	92
35	29	45	38	118	108	129	33	39	50	23	23	65	61	178	96	33	120	64	33	81,1	75,4	68,3	92,9	X	46,0	84.6	82,8	91,4	125	76	88

№ 3. Gouvernement Wologda.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Medianbogen.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis Bregma.
Wologda	1	M	18	1456	705	178	180	142	92	136	136	53	134	131	136	515	330	370	135	130	105	105	90	100	99
Wologda	2	M	20	1350	690	175	175	145	96	130	145	60	133	124	133	510	335	365	128	120	117	103	95	102	100
Wologda	3	M	21	1398	600	166	166	142	98	122	127	63	130	122	131	495	340	350	130	110	110	101	85	97	93
Stadt Wologda	4	M	27	1246	665	172	172	139	96	120	124	54	126	110	128	500	320	360	125	125	110	105	81	96	92
Kadnikow	5	M	23	1760	620	187	187	154	102	146	138	60	128	124	129	545	340	380	134	130	116	104	99	100	101
Kadnikow	6	M	25	1582	640	178	178	145	99	134	132	62	136	132	137	520	340	370	132	128	120	103	91	100	99
Kadnikow	7	M	32	1546	675	178	180	142	100	138	132	56	142	134	142	520	340	360	120	120	120	107	88	109	99
Gouv. Wologda	8	M	17	1598	620	172	172	152	98	132	140	80	138	132	139	510	345	370	130	125	115	97	90	99	100
Gouv. Wologda	9	M	25	1246	730	172	172	136	94	123	128	62	134	122	134	495	322	350	120	120	110	101	85	104	104
Wologda	10	M	29	1432	755	179	180	148	102	142	142	62	131	130	131	530	338	360	130	120	110	110	85	104	99
Gouv. Wologda	11	M	31	1308	690	172	172	138	100	124	122	58	131	126	133	500	325	355	125	130	100	97	86	96	96
Solwytschegodsk	12	M	18	1444	490	170	172	135	98	120	128	56	138	135	138	490	330	370	128	132	110	99	88	93	97
Solwytschegodsk	13	M	39	1392	477	176	176	140	96	123	118	60	121	126	121	510	320	350	120	128	112	100	93	101	103
Grjäsowetz	14	M	18	1322	655	173	174	138	96	120	126	55	126	126	126	505	320	355	130	120	105	100	92	98	96
Grjäsowetz	15	M	27	1492	832	172	172	148	100	132	132	63	132	135	135	515	340	370	130	130	110	98	88	97	94
Grjäsowetz	16	M	41	1302	587	176	178	130	90	120	122	52	132	132	134	493	310	362	130	118	114	99	88	96	92
Ustjug	17	M	20	1690	694	173	173	156	97	132	146	62	140	140	142	527	355	390	135	135	120	98	92	96	96
				1458	663	175	176	143	97	129	132	60	133	129	134	512	334	366	129	125	113	102	99	99	97

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel.	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomatical-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite.	38. Breite der Nasenwurzel.	39. Oberkiefer. Länge.	40. Oberkiefer. Breite.	41. Unterkiefer. Länge.	42. Unterkiefer. Breite.	43. Unterkiefer. Höhe.	44. Unterkiefer. Winkel.	45. Unterkiefer. Aeste. Höhe.	46. Unterkiefer. Aeste. Breite.	47. Breitenindex.	48. Dickenindex.	49. Breitenhöhenindex.	50. Breitendickenindex.	51. Lagenindex.	52. Nasenindex.	53. Augenhöhlenindex.	54. Foram. magn. index.	55. Gesichtsindex.	56. Nasenwinkel	57. Gesichtswinkel nach Broca.	58. Gesichtswinkel nach Hartmann.
Wologda	1	9	35	30	46	36	127	110	130	34	38	53	25	22	70	60	180	100	39	123	65	38	79,7	75,2	64,7	94,3	X	47,1	89,4	85,7	97,6	140	74	87,5
Wologda	2	13	30	27	45	30	120	102	122	32	39	49	24	23	67	60	190	90	33	109	65	36	82,8	76,0	66,2	91,7	X	48,9	82,0	90,0	98,3	136	76	89
Wologda	3	20	32	25	45	36	117	110	130	32	36	47	23	23	61	59	175	95	33	124	57	32	85,5	78,3	69,0	91,5	IX	48,9	88,8	78,1	90,0	120	80	87,5
Stadt Wologda	4	16	33	26	44	37	114	110	124	32	40	53	23	19	64	59	185	105	33	112	66	38	80,8	73,2	69,0	90,6	X	43,3	80,0	78,7	91,9	120	77	91
Kadnikow	5	10	41	33	44	39	117	110	132	36	40	52	24	22	66	66	180	90	34	109	61	32	82,3	68,4	66,2	83,1	X	46,1	90,0	80,4	88,6	123	77	88,5
Kadnikow	6	9	37	32	47	39	122	115	130	30	38	51	25	24	65	63	190	92	35	111	72	36	81,4	76,4	68,2	93,7	XI	49,1	78,9	86,4	93,9	117	77	88,5
Kadnikow	7	17	37	30	47	35	128	124	138	34	40	56	23	23	75	55	190	100	34	117	65	34	79,7	79,7	70,4	100	X	41,0	85,0	81,0	92,7	130	78	90,5
Gouv. Wologda	8	15	37	33	45	38	114	104	126	31	38	47	25	25	62	62	170	90	34	123	57	35	88,3	80,2	64,4	90,7	X	53,1	81,5	89,1	90,4	130	76	82
Gouv. Wologda	9	25	31	27	48	40	108	108	132	27	39	42	21	25	58	56	190	95	33	108	65	35	79,0	77,9	69,1	98,5	X	50,0	69,2	87,0	81,8	98	74	86
Wologda	10	4	38	31	45	39	136	112	136	34	40	55	26	26	76	61	185	95	42	121	67	32	82,6	73,1	68,9	88,5	X—XI	47,2	85,0	81,5	100	123	75	92,5
Gouv. Wologda	11	14	35	30	41	38	112	110	128	35	41	50	19	20	61	61	178	95	29	116	60	31	80,2	76,1	72,4	94,9	X	38,0	85,3	85,7	87,5	111	76	88,5
Solwytschegodsk	12	7	34	29	41	35	102	100	118	31	36	44	23	22	59	59	165	94	27	122	55	31	79,4	81,1	72,6	102	X	52,2	86,1	85,2	86,4	111	78	87
Solwytschegodsk	13	9	35	29	51	45	114	114	136	30	39	50	23	23	65	65	195	105	33	115	61	34	79,5	68,7	68,5	86,4	X	46,0	76,9	82,8	83,8	124	71	83,5
Grjäsowetz	14	7	34	30	41	36	123	102	122	34	37	53	22	21	70	63	175	90	34	120	63	32	79,7	72,8	69,5	91,3	IX—X	41,5	91,8	88,2	100,8	133	74	88,5
Grjäsowetz	15	7	33	31	43	39	123	113	134	32	39	52	25	23	68	63	173	100	36	121	68	32	86,6	76,7	67,5	86,4	IX	48,0	82,0	93,9	91,7	139	77	90
Grjäsowetz	16	17	37	31	43	32	118	106	122	32	39	51	26	17	68	55	180	100	34	123	69	33	73,8	75,0	69,2	101	X	50,9	84,2	83,8	96,7	128	73	86,5
Ustjug	17	8	31	28	47	42	120	114	132	32	38	51	27	26	68	67	180	95	33	117	65	31	90,0	80,9	62,1	90,3	X—XI	52,9	84,2	90,3	90,9	125	73	86,5
		10	35	30	47	37	119	110	129	32	39	50	24	23	66	61	182	97	34	117	64	34	81,7	76,1	67,8	93,0	X	48,0	82,0	85,7	92,2	124	76	88,5

№ 4. Gouvernement Kostroma.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Medianbogen.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis Bregma.
Gouv. Kostroma	1	W	26	1440	977	176	176	148	94	134	140	58	126	128	129	520	340	370	135	125	110	99	92	91	92
Tschuchloma	2	M	19	1418	537	168	168	142	98	130	132	56	134	132	135	495	335	360	130	130	100	99	81	95	94
Tschuchloma	3	M	19	1536	610	180	180	143	100	120	140	64	133	132	135	510	342	380	130	140	110	100	98	96	96
Tschuchloma	4	M	39	1420	620	174	174	139	93	125	128	50	132	134	134	510	332	365	120	130	115	96	90	98	103
Tschuchloma	5	M	21	1426	500	170	172	148	99	128	124	59	128	126	128	510	335	340	115	125	100	98	91	102	101
Tschuchloma	6	M	23	1298	590	176	176	136	93	123	119	53	130	127	131	510	315	355	125	125	105	102	87	100	98
Tschuchloma	7	M	23	1612	620	176	176	146	100	134	131	60	138	140	139	520	345	380	135	135	110	99	95	98	97
Tschuchloma	8	M	29	1440	665	192	192	138	93	129	116	50	136	136	138	530	325	390	140	135	115	106	98	106	98
Tschuchloma	9	M	27	1372	940	192	195	146	103	141	127	57	131	128	132	545	325	390	140	130	120	109	93	107	97
Tschuchloma	10	M	30	1502	655	174	174	146	98	132	133	54	137	134	137	510	335	365	120	140	105	95	91	101	98
Tschuchloma	11	M	33	1372	600	184	186	134	98	116	121	60	128	124	129	525	330	378	130	130	118	111	97	100	96
Kologriw	12	M	23	1474	627	170	170	147	102	132	132	76	134	132	136	505	340	365	130	130	105	99	88	94	92
Kologriw	13	M	30	1284	629	162	163	142	97	123	120	56	132	128	134	490	332	340	120	120	100	100	87	96	88
Kologriw	14	M	44	1374	679	176	177	138	94	125	132	60	134	131	134	518	335	370	130	130	110	104	93	100	103
Galitsch	15	M	18	1520	665	174	174	156	97	130	153	67	134	134	135	520	350	375	135	135	105	100	90	95	98
Galitsch	16	M	19	1356	462	170	170	142	96	130	124	58	126	126	128	500	325	350	123	117	110	99	90	96	91
Galitsch	17	M	24	1350	640	168	168	138	97	128	132	56	135	132	136	490	325	343	117	120	103	97	88	100	96
Galitsch	18	M	33	1326	530	168	168	141	94	132	124	58	130	131	132	500	320	350	125	115	110	95	87	94	85
Calitsch	19	M	39	1450	605	182	183	141	100	131	131	62	138	132	138	525	335	370	130	125	115	110	87	110	99
Galitsch	20	M	43	1200	565	168	168	140	97	120	129	55	122	122	124	500	315	345	120	110	115	97	88	96	94
Soligalitsch	21	M	23	1560	700	182	182	142	100	138	128	66	134	132	135	525	330	385	135	125	125	100	96	96	98
Soligalitsch	22	M	38	1680	790	188	188	152	103	137	140	64	140	144	140	545	360	395	140	130	125	106	99	104	102
				1416	639	175	177	142	97	129	129	59	132	130	133	512	332	365	128	127	110	101	90	99	95

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel.	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomatical-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite.	38. Breite der Nasenwurzel.	39. Oberkiefer. Länge.	40. Oberkiefer. Breite.	41. Unterkiefer. Länge.	42. Unterkiefer. Breite.	43. Unterkiefer. Höhe.	44. Unterkiefer. Winkel.	45. Unterkiefer. Aeste. Höhe.	46. Unterkiefer. Aeste. Breite.	47. Breitenindex.	48. Dickenindex.	49. Breitenhöhenindex.	50. Breitendickenindex.	51. Lagenindex.	52. Nasenindex.	53. Augenhöhlenindex.	54. Foram. magn. index.	55. Gesichtsindex.	56. Nasenwinkel	57. Gesichtswinkel nach Broca.	58. Gesichtswinkel nach Hartmann.
Gouv. Kostroma	2	37	29	48	38	123	112	128	36	39	50	24	24	69	63	180	90	35	129	64	35	84,0	71,5	63,5	85,1	X	48,0	92,3	78,3	96,0	138	75	86
Tschuchloma	9	34	28	45	39	110	110	130	33	38	49	22	21	64	64	180	92	32	114	64	36	84,5	79,7	69,0	94,3	IX	44,9	86,8	82,2	84,6	104	71	84,5
Tschuchloma	12	33	25	44	34	102	102	120	30	37	41	23	23	55	60	163	85	31	122	54	31	79,4	73,8	69,9	93,0	X—XI	56,9	81,0	75,7	85,0	123	78	85,5
Tschuchloma	4	34	28	50	39	110	110	130	32	39	46	25	21	59	63	180	103	32	118	64	32	79,8	75,8	66,9	94,9	IX—X	54,3	82,0	82,2	84,6	123	73	83
Tschuchloma	5	12	36	30	44	36	115	110	128	32	39	50	23	23	63	61	170	90	34	123	57	34	87,0	75,2	66,8	86,4	IX	46,0	82,0	83,3	89,8	134	74	87
Tschuchloma	6	15	37	29	44	37	117	102	124	31	40	50	22	20	67	59	180	88	35	125	62	30	77,2	73,8	68,3	95,5	X	44,0	77,5	78,8	94,3	118	78	91
Tschuchloma	7	13	36	30	48	37	115	108	126	35	40	47	24	22	65	62	175	95	31	118	55	34	82,9	78,4	68,4	94,5	IX—X	51,0	87,5	83,3	91,2	133	76	86,5
Tschuchloma	8	10	33	29	41	42	118	111	128	31	38	51	27	22	67	64	185	100	35	114	68	38	72,3	71,3	67,3	98,5	XI	52,9	81,5	87,8	92,1	128	79	90
Tschuchloma	9	9	35	28	47	41	127	122	140	35	42	54	26	24	73	63	180	105	32	108	78	35	76,0	68,2	70,5	89,7	X	47,9	83,3	80,0	90,7	111	82	92,5
Tschuchloma	10	11	34	28	44	36	114	106	132	33	40	48	21	20	61	58	180	100	31	120	68	33	83,9	78,7	67,1	93,8	X	43,7	82,5	82,2	86,3	128	72	86,5
Tschuchloma	11	16	33	28	46	40	124	110	126	35	42	54	26	24	71	66	190	90	36	118	71	35	72,8	69,5	73,1	95,5	X—XI	47,9	83,3	84,8	98,4	128	77	93
Kologriw	13	13	36	28	46	36	113	104	130	33	40	49	21	21	66	56	180	95	33	119	56	29	86,4	78,8	69,3	91,1	IX—X	42,9	82,5	77,7	86,9	106	77	88
Kologriw	12	35	32	40	38	125	110	132	35	38	54	22	22	67	60	175	93	31	129	62	31	87,6	81,7	68,3	92,9	X	40,7	92,1	91,4	94,6	138	77	91,5
Kologriw	14	9	34	28	48	40	124	111	129	33	37	50	23	22	70	64	180	100	39	116	69	39	79,5	77,3	68,1	97,1	X	46,0	89,1	82,2	96,0	120	77	86,5
Galitsch	15	9	36	30	46	40	123	110	133	34	38	49	27	27	66	66	185	100	36	117	64	33	89,5	77,0	62,1	85,8	X	55,1	89,4	83,3	92,4	128	75	84,5
Galitsch	16	8	35	28	42	31	110	99	120	33	38	49	21	21	61	54	170	95	32	122	56	32	83,5	74,1	67,6	88,7	X	42,9	86,8	80,0	91,6	139	76	91,5
Galitsch	19	36	28	47	42	128	106	130	34	39	57	20	20	72	66	185	90	36	120	72	35	82,1	80,3	70,2	97,8	IX	35,0	87,1	77,7	98,4	132	70	86
Galitsch	18	9	36	32	44	35	124	106	130	37	39	51	21	22	67	57	160	105	36	122	60	28	88,9	77,3	66,6	92,1	IX—X	41,1	94,8	88,8	95,3	132	76	90
Calitsch	15	33	30	44	40	120	112	134	35	41	50	26	26	65	63	190	105	32	116	65	37	77,4	75,8	70,9	97,9	X—XI	52,0	85,3	90,9	89,5	122	82	92,5
Galitsch	7	28	24	44	36	110	108	125	33	37	51	23	25	61	51	170	85	27	122	57	29	83,3	72,6	69,2	87,1	X	45,0	89,1	85,7	88,0	122	72	86,5
Soligalitsch	9	37	35	46	43	122	110	132	34	41	55	23	26	66	65	180	105	33	121	72	31	78,0	73,6	70,4	94,3	X	41,8	82,9	94,5	92,4	121	71	84
Soligalitsch	6	38	31	50	41	124	116	132	30	41	51	26	26	69	58	195	110	34	123	68	40	80,8	79,7	67,7	92,1	X	50,9	78,1	81,5	93,1	125	82	92
	10	35	29	45	38	118	108	129	33	39	50	23	23	65	61	178	96	33	120	64	33	81,1	75,4	68,3	92,9	X	46,0	84,6	82,8	91,4	125	76	88

№ 5. Gouvernement

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoidal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	2
Poschechon	1	M	20	1448	595	178	178	140	98	134	136	66	135	137	136	510	340	370	130	125	115	102	89	100	
Poschechon	2	M	24	1364	672	172	172	148	106	132	120	54	124	126	126	510	330	350	120	120	110	99	90	98	
Poschechon	3	M	30	1400	805	176	176	146	98	136	127	66	130	136	130	518	335	365	125	130	110	98	100	98	
Ljubim	4	M	22	1600	600	178	178	142	92	130	137	69	134	132	135	505	335	380	128	132	120	97	97	94	
Ljubim	5	M	26	1342	600	170	170	136	97	132	120	59	130	126	131	495	323	352	125	120	107	95	88	96	
Stadt Ljubim	6	M	35	1390	640	175	174	138	100	138	122	51	132	136	134	505	320	360	115	125	120	97	93	98	
Danilow	7	M	29	1554	730	184	184	137	96	128	134	60	146	140	146	518	338	380	125	140	115	103	97	106	1
Danilow	8	M	40	1468	665	183	183	138	98	140	124	60	130	128	132	530	340	385	135	132	118	101	99	98	
Mologa	9	M	45	1470	910	176	176	151	100	148	132	62	135	138	138	522	344	370	130	130	110	101	97	100	1
Rübinsk	10	M	20	1424	655	176	177	140	100	130	128	70	134	128	136	510	332	365	135	123	107	101	87	102	
Rübinsk	11	M	24	1430	610	176	176	140	97	131	122	59	132	138	138	510	325	370	123	120	127	97	95	99	
Stadt Rübinsk	12	M	40	1382	655	176	176	142	99	134	132	58	138	142	140	510	333	370	130	130	110	99	94	100	
Romanow-Borisoglebsk	13	M	18	1610	620	180	180	140	100	135	123	59	136	136	137	520	325	375	130	130	115	99	98	98	
Romanow-Borisoglebsk	14	M	19	1356	582	172	172	133	96	130	122	50	128	128	129	500	328	350	118	120	112	100	92	100	
Romanow-Borisoglebsk	15	M	23	1416	605	168	168	136	94	126	126	56	132	130	133	490	330	358	125	120	113	98	85	98	
Müschkin	16	M	20	1220	595	179	179	142	95	128	125	57	136	130	136	517	325	375	135	130	110	103	94	103	
Stadt Müschkin	17	M	22	1566	750	187	187	148	110	132	128	56	132	130	132	550	340	365	130	130	105	114	95	108	
Müschkin	18	M	25	1362	582	181	179	137	91	120	130	57	125	134	132	515	332	368	130	128	110	103	97	96	
Rostow	19	M	22	1342	765	178	178	139	99	127	138	58	130	132	132	510	325	365	128	128	109	100	97	98	
Rostow	20	W	27	1360	690	162	162	134	96	128	126	60	132	136	136	490	320	360	125	125	110	90	90	92	
Rostow	21	M	35	1240	770	171	171	142	100	126	114	62	127	128	128	505	330	355	120	130	105	99	90	100	
Uglitsch	22	M	46	1352	805	178	178	142	97	138	120	60	139	132	140	520	330	360	125	145	90	105	87	110	
				1413	677	176	176	140	98	132	127	59	133	133	134	512	331	361	127	128	111	100	93	100	

№ 6. Gouvernemen

Wesjegonsk	1	M	20	1900	715	186	186	160	97	146	150	63	137	138	138	548	365	390	140	135	125	105	98	102	
Wesjegonsk	2	M	30	1450	720	179	182	143	97	134	138	55	135	132	136	525	330	365	125	125	125	105	90	103	
Bjeshezk	3	M	19	1470	730	173	173	145	98	138	128	52	136	136	136	513	338	365	130	120	115	96	98	100	
Stadt Wüschnij-Wolotschok	4	M	34	1400	542	169	169	152	97	142	127	55	129	134	130	522	343	360	—	—	—	103	87	95	
Wüschnij-Wolotschok	5	M	24	1400	715	177	177	146	97	132	140	57	132	138	134	517	340	373	130	130	113	100	93	98	
Kaschin	6	M	18	1520	627	183	184	150	100	136	136	61	133	134	134	525	340	375	135	135	110	105	92	104	
Kaschin	7	M	33	1460	640	176	176	148	94	132	134	56	127	134	128	510	325	370	130	130	110	94	97	96	
Ostaschkoff	8	M	20	1450	640	168	168	144	103	136	127	50	132	132	134	505	335	355	130	120	105	98	86	98	
Ostaschkoff	9	M	21	1528	740	182	182	144	96	128	128	54	130	132	130	520	345	380	130	145	115	109	88	95	
Ostaschkoff	10	M	29	1496	627	178	178	139	98	136	136	52	132	129	132	520	335	365	130	130	105	100	92	105	
Stadt Torschok	11	M	27	1270	655	164	164	148	90	121	141	60	123	131	126	490	337	340	120	110	110	97	95	94	
Nowotorschok	12	M	22	1350	672	173	173	138	92	131	142	50	126	130	130	510	330	355	125	120	110	100	90	100	
Nowotorschok	13	M	24	1390	672	176	177	142	92	132	132	52	130	128	130	520	330	360	120	115	125	102	99	98	
Nowotorschok	14	M	27	1350	402	165	165	142	96	134	130	60	125	130	125	493	318	340	110	110	120	90	90	93	
Stariza	15	M	23	1494	770	176	179	144	95	138	138	58	134	132	135	520	340	370	140	120	110	107	79	101	
Stariza	16	M	24	1348	690	172	173	144	98	132	136	59	131	132	132	515	330	360	120	130	110	109	89	96	
Stariza	17	M	24	1460	620	174	174	145	97	128	142	60	129	140	132	512	342	370	130	135	105	109	90	100	
Stariza	18	M	29	1520	850	176	176	144	96	133	142	56	139	140	140	520	340	370	130	125	115	99	96	102	
Stariza	19	M	30	1400	745	170	171	140	100	134	129	58	140	140	140	510	335	364	130	120	114	100	89	100	
Stariza	20	M	48	1390	605	173	176	140	100	136	128	58	134	126	134	520	323	360	120	130	110	100	92	100	
Kaljasin	21	M	23	1350	510	170	170	139	91	128	126	54	128	132	128	500	322	347	120	120	107	101	86	100	
Kaljasin	22	M	30	1560	685	180	180	142	102	134	138	60	138	140	138	520	330	363	120	133	110	98	96	108	
				1450	659	174	175	144	97	132	134	56	132	133	133	514	334	362	127	125	112	101	91	99	
Wesjegonsk	1	W	25	1200	820	162	166	136	89	128	129	62	130	136	132	480	320	355	130	130	95	95	83	96	
Bjeschesk	2	W	31	1244	725	170	172	138	95	130	134	55	126	131	128	499	320	345	115	115	115	96	94	103	
Wüschnij-Wolotschok	3	W	83	1242	537	164	166	140	92	130	130	48	131	134	132	490	332	348	125	110	113	99	82	97	
Ostaschkoff	4	W	26	1340	537	174	176	137	97	133	118	52	126	124	126	500	315	350	130	110	110	101	90	99	
Gouv. Twer	5	W	23	1364	640	172	172	140	94	127	122	54	126	132	128	500	322	365	128	128	109	96	90	94	
Twer	6	W	20	1356	685	180	181	132	93	125	129	48	124	130	124	510	317	362	128	112	122	101	93	98	
Gouv. Twer	7	W	34	1380	730	168	169	145	99	134	136	60	129	134	129	505	333	360	130	120	110	97	87	94	
				1304	673	170	171	138	94	129	128	54	127	131	128	498	323	355	126	118	111	98	88	97	

Jaroslaw.

27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
am. magn.		Gaumen.		Gesicht.			Augenhöhle.		Nase.			Oberkiefer.		Unterkiefer.																		
																		Aeste.													
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Zygomatical-Breite.	Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.	Breite der Nasenwurzel.	Länge.	Breite.	Länge	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.	Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenbreitenindex.	Breitenhöhenindex.	Lageindex.	Nasenindex.	Augenhöhlenbreitenindex.	Foram. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Ihering.
36	30	43	37	110	106	123	32	38	49	22	24	62	62	175	95	30	122	58	33	78,6	75,8	70,0	96,4	X	44,9	84,2	83,3	89,1	135	80	89,5
35	32	42	40	120	110	132	35	43	51	22	24	63	63	180	95	34	124	63	34	86,6	72,0	71,6	83,8	X	43,1	81,3	91,4	90,9	140	74	89,5
35	30	41	38	112	112	131	29	40	45	19	22	60	60	185	100	30	117	52	32	82,9	73,8	67,1	89,0	IX—X	42,2	72,5	85,7	85,4	124	79	90,5
35	29	43	36	118	108	126	34	34	50	27	27	66	62	175	90	32	120	73	35	79,7	75,2	64,7	94,3	IX—X	54,0	100	82,8	93,6	128	77	84,5
38	30	43	37	112	110	126	32	37	48	22	25	61	59	160	90	31	113	67	31	80,0	76,4	72,7	95,5	IX	45,0	86,4	78,9	88,8	128	78	92,5
38	30	45	40	118	104	131	32	39	50	21	19	67	58	174	95	31	117	64	34	78,8	75,4	72,4	95,6	X	42,0	82,0	78,9	90,0	115	76	88
33	28	46	37	127	106	129	32	39	51	23	21	69	68	175	95	40	130	67	35	74,4	79,3	70,0	106,1	XI	45,0	82,0	84,8	98,4	112	76	84
33	23	46	41	116	110	132	36	39	51	25	25	65	61	180	100	35	120	59	33	75,4	71,0	71,0	94,2	X	49,1	92,3	69,6	87,8	112	82	89
36	29	39	38	103	110	134	33	39	47	22	22	57	57	175	100	28	112	62	35	85,7	76,7	66,2	89,4	IX—X	46,8	84,6	80,5	76,8	112	80	90,5
34	28	43	38	110	110	130	30	40	48	23	23	60	60	180	100	30	117	63	34	79,5	76,1	71,4	95,7	X	47,9	75,0	82,2	84,6	112	81	87,5
37	27	51	40	114	112	126	29	38	48	26	25	62	61	180	100	29	121	66	35	79,5	75,0	69,2	94,2	X	54,1	76,3	72,9	90,4	110	73	88,9
39	29	44	38	117	113	128	35	40	54	23	19	63	56	180	100	34	112	75	32	80,6	78,4	69,0	97,1	IX—X	42,5	87,5	74,3	91,4	99	76	90
40	32	44	35	118	108	128	34	40	50	25	22	59	59	173	92	33	128	63	34	77,7	75,5	71,4	97,1	X	50,0	85,0	86,1	92,1	129	78	90
35	28	43	38	104	104	126	31	40	50	26	19	58	60	170	86	30	109	65	33	77,3	74,4	72,1	96,2	IX	52,0	77,5	80,0	82,5	131	76	88,9
35	31	42	34	115	104	128	32	40	45	19	19	62	56	177	98	34	124	59	34	80,9	78,5	69,1	97,0	X	42,2	80,0	88,5	89,8	109	77	89
31	26	38	38	118	106	127	33	39	50	23	23	65	62	170	90	30	124	60	32	79,8	75,9	66,9	95,7	X—XI	46,0	84,6	83,8	92,9	131	79	94,5
41	31	53	39	120	120	134	37	43	56	26	22	70	66	200	90	32	119	63	38	79,1	70,5	74,3	89,1	XI	46,4	86,0	75,6	89,5	125	74	87
34	27	47	38	116	106	119	31	37	51	22	22	64	60	170	95	32	117	61	32	75,6	69,0	66,4	91,2	X	43,1	83,7	79,4	97,4	109	76	93,5
34	27	43	37	114	114	126	30	37	47	25	27	63	60	180	100	34	110	59	34	78·2	73,0	71,2	93,5	X	53,1	81,0	79,4	90,4	118	82	91
35	29	43	40	110	106	122	32	38	46	22	20	64	59	170	95	32	117	64	31	82,7	81,4	71,6	98,5	IX	47,8	84,2	82,8	90,1	118	72	84
30	27	44	39	129	116	133	31	36	50	24	24	69	59	180	105	37	120	64	36	83,0	74,2	70,4	89,4	IX—X	48,0	86,1	90,0	97,0	122	82	93
38	31	45	40	120	112	133	34	41	53	24	20	65	59	190	100	34	116	76	33	79,7	78,0	68,3	97,8	X	45,2	82,1	81,5	90,2	105	74	84,5
36	29	44	38	115	109	128	32	39	50	24	22	63	60	177	96	32	119	68	34	79,5	75,5	70,0	95,0	X	48,0	82,0	80,5	89,8	119	77	88,9

Twer.

34	29	48	41	114	110	132	30	38	50	23	26	63	62	188	98	31	115	63	35	86,0	73,6	60,6	85,6	X—XI	46,0	78,9	85,2	86,3	121	75	89
39	35	50	38	118	114	137	31	40	53	24	22	65	62	190	115	33	120	69	37	79,8	75,4	67,8	94,4	X—XI	45,2	77,5	89,7	86,1	110	74	86,5
36	28	48	36	116	105	124	31	38	51	23	21	66	58	173	85	33	120	63	37	83,8	78,6	67,5	93,7	X	45,0	81,5	77,7	93,5	119	75	86
36	31	48	36	120	113	134	35	42	54	25	19	68	60	198	100	33	114	71	33	89,9	76,3	63,8	84,8	IX	46,2	83,3	86,1	89,5	116	76	88,5
34	29	46	37	124	112	131	32	40	50	21	22	68	63	180	90	35	124	66	35	82,4	74,5	66,4	90,4	IX—X	42,0	80,0	85,2	94,6	130	77	89,5
34	30	49	35	114	109	119	32	39	50	24	24	64	61	188	95	31	117	62	35	81,9	72,6	66,6	88,6	X—XI	48,0	82,0	88,2	95,8	120	78	88
33	33	39	37	118	96	127	34	40	50	21	20	67	52	170	97	32	132	64	25	84,0	72,1	63,5	85,8	X	42,0	85,0	100	92,9	120	74	88
38	31	46	38	112	112	130	32	39	46	24	24	61	62	180	107	33	121	64	26	85,7	78,5	71,5	91,6	IX	52,1	82,0	81,5	86,1	120	78	88,5
35	26	43	35	114	107	124	32	40	43	21	21	59	59	170	96	35	119	62	32	79,1	71,4	66,6	90,2	X	48,8	80,0	74,2	91,9	114	85	95
35	29	45	38	110	110	132	31	39	49	22	21	63	61	180	93	31	111	66	35	78,0	74,1	70,5	94,9	IX—X	44,9	79,4	82,8	83,3	140	73	86,5
31	26	46	41	112	107	126	32	37	49	22	22	62	62	170	90	30	127	52	33	90,2	75,0	60,8	83,1	IX	44,9	86,4	83,8	88,8	140	72	86
36	30	46	39	112	108	125	31	38	48	21	21	61	61	190	93	30	125	61	33	79,8	72,8	66,6	91,2	X	43,7	81,5	90,4	89,6	132	78	87
32	22	47	37	123	108	126	32	39	53	23	23	66	62	180	105	27	119	71	35	80,6	73,8	64,7	91,5	X	43,3	82,0	83,3	97,6	132	76	89
35	31	42	35	107	100	124	34	38	46	21	20	60	56	170	100	29	116	60	33	86,0	75,7	67,6	88,0	IX	45,6	89,4	88,5	86,2	132	71	85,5
35	27	46	38	118	116	136	36	40	54	23	23	66	59	190	103	33	125	68	33	81,8	76,1	65,9	93,0	X	42,5	90,0	77,1	87,6	116	78	88
36	31	45	37	116	116	134	34	40	48	26	27	62	61	175	102	33	118	69	33	83,7	76,1	68,0	97,9	X	54,1	85,0	86,1	86,5	128	73	86
33	27	44	39	112	112	131	32	40	54	24	21	66	63	180	100	31	119	65	36	85,3	74,1	66,8	88,9	IX—X	44,4	80,0	81,8	84,4	133	76	87
35	31	43	36	116	113	132	33	41	48	21	23	64	59	175	100	34	122	64	32	81,8	78,9	66,6	96,5	X	43,7	80,4	88,5	87,8	125	75	87,5
36	32	45	36	121	108	131	33	38	49	23	23	65	59	180	100	32	117	69	35	82,3	82,3	71,4	100	X	46,9	86,9	88,8	92,3	125	75	87
36	33	41	38	116	116	130	35	38	50	23	24	65	55	160	108	33	120	64	30	80,9	77,4	71,4	95,7	X	46,0	92,1	91,6	89,2	133	76	88,5
33	31	46	38	104	104	130	30	37	48	22	25	61	58	190	100	29	118	56	37	81,7	75,2	65,4	92,0	IX—X	45,4	81,0	93,9	80,0	133	75	86
30	33	47	40	118	112	133	32	41	52	21	20	66	63	193	93	31	110	66	39	78,8	76,6	71,8	97,1	X	40,3	78,0	82,5	88,7	133	75	88,5
35	30	45	37	115	109	129	33	39	50	23	22	64	60	180	99	32	120	64	33	82,7	75,8	67,3	91,6	X	46,0	84,6	85,7	89,1	126	76	87,7
32	30	46	36	122	103	116	33	37	48	21	19	67	58	173	88	34	121	70	32	83,9	80,2	65,4	97,3	X	43,7	89,1	93,7	105,1	121	75	89
34	29	43	40	114	114	135	34	37	50	26	26	62	59	180	98	31	122	60	33	81,1	74,1	68,8	91,3	X	52,0	91,8	85,2	84,4	141	80	90
33	26	42	39	100	100	123	33	37	51	25	19	57	55	180	94	24	120	64	34	85,3	79,8	65,7	93,5	IX	49,1	89,1	78,7	81,3	130	74	90,5
36	32	47	40	111	106	120	34	40	48	26	20	64	66	170	95	34	128	61	34	78,7	72,4	70,8	91,9	X	54,1	85,0	88,8	92,5	140	77	85
33	28	41	37	114	107	123	32	39	46	27	22	62	58	178	92	32	125	57	34	81,3	73,2	67,1	90,0	X	58,6	82,0	84,8	95,0	133	74	87
38	30	41	38	105	99	119	32	37	45	23	21	55	55	165	83	29	124	61	29	73,3	68,8	70,4	93,9	X	51,1	86,4	62,5	88,2	133	80	87,5
31	28	44	36	104	104	129	31	36	41	25	25	59	59	160	95	30	126	59	30	86,3	76,7	68,2	88,9	X	60,9	86,1	90,3	80,6	125	80	86,5
35	29	43	38	110	105	123	32	38	48	24	22	59	59	172	93	31	123	62	33	81,1	74,7	68,1	92,0	X	50,0	84,2	82,8	89,4	130	77	88

№ 5. Gouvernement Jaroslaw.

Gouvernement oder Kreis.	№	Geschlecht.	Alter.	Inhalt.	Gewicht.	Länge № 1.	Länge № 2	Höchste Breite.	Geringste Breite.	Mastoidal-Breite.	Parietal-Breite.	Frontal-Breite.	Vertikale Höhe № 1.	Vertikale Höhe № 2.	Grösste Höhe.	Umfang.	Querbogen.	Längsbogen.	Frontalbogen.	Parietalbogen.	Occipitalbogen.	Länge der vordern Hälfte.	Länge der hintern Hälfte.	Foram. magn. bis Nasenwurzel.	Foram. magn. bis Alveolarrand.	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.																																			
																										Foram. magn.			Gaumen		Gesicht.		Zygomatical-Breite.	Augenhöhle.		Nase.		Oberkiefer.		Unterkiefer.																									
																										Winkel	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.		Höhe.	Breite	Länge.	Breite.	Breite der Nasenwurzel.	Länge.	Breite.	Länge	Breite.	Höhe.	Winkel	Höhe.	Breite.	Breitenmodex.	Höhenmodex.	Breitenbreiten-Index.	Breitenhöhen-Index.	Lagenindex.	Nasenindex.	Augenhöhlen-Index.	Foram. magn.-Index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Jhering.
Poschechon	1	M	20	1448	595	178	178	140	98	134	136	66	135	137	136	510	340	370	130	125	115	102	89	100	93	11	36	30	43	37	110	106	123	32	38	49	22	24	62	62	175	95	30	122	58	33	78,6	75,8	70,0	96,4	X	44,9	84,2	83,3	89,1	135	80	89,5
Poschechon	2	M	24	1364	672	172	172	148	106	132	120	54	124	126	126	510	330	350	120	120	110	99	90	98	94	5	35	32	42	40	120	110	132	35	43	51	22	24	68	63	180	95	34	124	63	34	86,6	72,0	71,6	83 8	X	43,1	81,3	91,4	90,9	140	74	89,5
Poschechon	3	M	30	1400	805	176	176	146	98	136	127	66	130	136	130	518	335	365	125	130	110	98	100	98	95	5	35	30	41	38	112	112	131	29	40	45	19	22	60	60	185	100	30	117	52	32	82,9	73,8	67,1	89,0	IX—X	42,2	72,5	85,7	85,4	124	79	90,5
Ljubim	4	M	22	1600	600	178	178	142	92	130	137	69	134	132	135	505	335	380	128	132	120	97	97	94	92	8	35	29	43	36	118	108	126	34	34	50	27	27	66	62	175	90	32	120	73	35	79,7	75,2	64,7	94,3	IX—X	54,0	100	82,8	93,6	128	77	84,5
Ljubim	5	M	26	1342	600	170	170	136	97	132	120	59	130	126	131	495	323	352	125	120	107	95	88	96	89	14	38	30	43	37	112	110	126	32	37	48	22	25	61	59	160	90	31	113	67	31	80,0	76,4	72,7	95,5	IX	45,0	86,4	78,9	88,8	128	78	92,5
Stadt Ljubim	6	M	35	1390	640	175	174	138	100	138	122	51	132	136	134	505	320	360	115	125	120	97	93	98	94	7	38	30	45	40	118	104	131	32	39	50	21	19	67	58	174	95	31	117	64	34	78,8	75,4	72,4	95,6	X	42,0	82,0	78,9	90,0	115	76	88
Danilow	7	M	29	1554	730	184	184	137	96	128	134	60	146	140	146	518	338	380	125	140	115	103	97	106	102	10	33	28	46	37	127	106	129	32	39	51	23	21	69	68	175	95	40	130	67	35	74,4	79,3	70,0	106,1	XI	45,0	82,0	84,8	98,4	112	76	84
Danilow	8	M	40	1468	665	183	183	138	98	140	124	60	130	128	132	530	340	385	135	132	118	101	99	98	95	5	33	23	46	41	116	110	132	36	39	51	25	25	65	61	180	100	35	120	59	33	75,4	71,0	71,0	94,2	X	49,1	92,3	69,6	87,8	112	82	89
Mologa	9	M	45	1470	910	176	176	151	100	148	132	62	135	138	138	522	344	370	130	130	110	101	97	100	101	11	36	29	39	38	103	110	134	33	39	47	22	22	57	57	175	100	28	112	62	35	85,7	76,7	66,2	89,4	IX—X	46,8	84,6	80,5	76,8	112	80	90,5
Rubinsk	10	M	20	1424	655	176	177	140	100	130	128	70	134	128	136	510	332	365	135	123	107	101	87	102	97	8	34	28	43	38	110	110	130	30	40	48	23	23	60	60	180	100	30	117	63	34	79,5	76,1	71,4	95,7	X	47,9	75,0	82,2	84,6	112	81	87,5
Rubinsk	11	M	24	1430	610	176	176	140	97	131	122	59	132	138	138	510	325	370	123	120	127	97	95	99	97	9	37	27	51	40	114	112	126	29	38	48	26	25	62	61	180	100	29	121	66	35	79,5	75,0	69,2	94,2	X	54,1	76,3	72,9	90,4	110	73	88,9
Stadt Rubinsk	12	M	40	1382	655	176	176	142	99	134	132	58	138	142	140	510	333	370	130	130	110	99	94	100	94	9	39	29	44	38	117	113	128	35	40	54	23	19	63	56	180	100	34	112	75	32	80,6	78,4	69,0	97,1	IX—X	42,5	87,5	74,3	91,4	99	76	90
Romanow-Borisoglebsk	13	M	18	1610	620	180	180	140	100	135	123	59	136	136	137	520	325	375	130	130	115	99	98	98	92	11	40	32	44	35	118	108	128	34	40	50	25	22	59	59	173	92	33	128	63	34	77,7	75,5	71,4	97,1	X	50,0	85,0	86,1	92,1	129	78	90
Romanow-Borisoglebsk	14	M	19	1356	582	172	172	133	96	130	122	50	128	128	129	500	328	350	118	120	112	100	92	100	98	10	35	28	43	38	104	104	126	31	40	50	26	19	58	60	170	86	30	109	65	33	77,3	74,4	72,1	96,2	IX	52,0	77,5	80,0	82,5	131	76	88,9
Romanow-Borisoglebsk	15	M	23	1416	605	168	168	136	94	126	126	56	132	130	133	490	330	358	125	120	113	98	85	98	94	9	35	31	42	34	115	104	128	32	40	45	19	19	62	56	177	98	34	124	59	34	80,9	78,5	69,1	97,0	X	42,2	80,0	88,5	89,8	109	77	89
Muschkin	16	M	20	1220	595	179	179	142	95	128	125	57	136	130	136	517	325	375	135	130	110	103	94	103	91	19	31	26	38	38	118	106	127	33	39	50	23	23	65	62	170	90	30	124	60	32	79,8	75,9	66,9	95,7	X—XI	46,0	84,6	83,8	92,9	131	79	94,5
Stadt Müschkin	17	M	22	1566	750	187	187	148	110	132	128	56	132	130	132	550	340	365	130	130	105	114	95	108	103	17	41	31	53	39	120	120	134	37	43	56	26	22	70	66	200	90	32	119	63	38	79,1	70,5	74,3	89,1	XI	46,4	86,0	75,6	89,5	125	74	87
Müschkin	18	M	25	1362	582	181	179	137	91	120	130	57	125	134	132	515	332	368	130	128	110	103	97	96	94	5	34	27	47	38	116	106	119	31	37	51	22	22	64	60	170	95	32	117	61	32	75,6	69,0	66,4	91,2	X	43,1	83,7	79,4	97,4	109	76	93,5
Rostow	19	M	22	1342	705	178	178	139	99	127	138	58	130	132	132	510	325	365	128	128	109	100	97	98	95	14	24	27	43	37	114	114	126	30	37	47	25	27	63	60	180	100	34	110	59	34	78·2	73,0	71,2	93,5	X	53,1	81,0	79,4	90,4	118	82	91
Rostow	20	W	27	1360	690	162	162	134	96	128	126	60	132	136	136	490	320	360	125	125	110	90	90	92	94	14	35	29	43	40	110	106	122	32	38	46	22	20	64	59	170	95	32	117	64	31	82,7	81,4	71,6	98,5	IX	47,8	84,2	82,8	90,1	118	72	84
Rostow	21	M	35	1240	770	171	171	142	100	126	114	62	127	128	128	505	330	355	120	130	105	99	90	100	96	16	30	27	44	39	129	116	133	31	36	50	24	24	69	59	180	105	37	120	64	36	83,0	74,2	70,4	89,4	IX—X	48,0	86,1	90,0	97,0	122	82	93
Uglitsch	22	M	46	1352	805	178	178	142	97	138	120	60	139	132	140	520	330	360	125	145	90	105	87	110	101	18	38	31	45	40	120	112	133	34	41	53	24	20	65	59	190	100	34	116	76	33	79,7	78,0	68,3	97,8	X	45,2	82,1	81,5	90,2	105	74	84,5
				1413	677	176	176	140	98	132	127	59	133	133	134	512	331	361	127	128	111	100	93	100	96	11	36	29	44	38	115	109	128	32	39	50	24	22	63	60	177	96	32	119	68	34	79,5	75,5	70,0	95,0	X	48,0	82,0	80,5	89,8	119	77	88,9

№ 6. Gouvernement Twer.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

№ 7. Gouvernement

Gouvernement oder Kreis.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	2
	№	Geschlecht.	Alter.	Inhalt.	Gewicht.	Länge № 1.	Länge № 2.	Höchste Breite.	Geringste Breite.	Mastoideal-Breite.	Parietal-Breite.	Frontal-Breite.	Vertikale Höhe № 1.	Vertikale Höhe № 2.	Grösste Höhe.	Umfang.	Querbogen.	Längsbogen.	Frontalbogen.	Parietalbogen.	Occipitalbogen.	Länge der vordern Hälfte.	Länge der hintern Hälfte.	Foram. magn. bis Nasenwurzel.	Foram. magn.	
Kiriloff	1	M	18	1424	595	163	162	143	92	124	136	58	136	138	136	480	340	360	125	125	110	94	85	92	
Borowitschi	2	M	18	1424	595	178	178	137	93	126	136	56	137	136	137	505	325	365	122	128	115	99	97	96	
Demjansk	3	M	36	1530	760	173	178	151	104	139	136	69	139	139	139	525	350	375	130	135	110	106	83	105	1
Demjansk	4	M	43	1472	640	178	178	144	94	132	138	59	132	132	132	515	333	365	122	122	121	98	98	98	
Krestzy	5	M	18	1420	595	164	166	142	92	130	135	64	137	138	138	495	343	370	130	133	117	93	85	92	
Krestzy	6	M	19	1326	417	166	166	138	96	127	121	55	132	129	133	488	325	348	110	130	108	92	91	94	
Staraja-Russa	7	M	30	1556	725	181	181	142	101	126	130	53	136	136	139	530	357	374	120	140	114	110	95	99	
Waldai	8	M	22	1620	875	185	185	148	113	132	139	65	133	135	134	535	355	380	135	135	110	114	89	104	1
Nowgorod	9	M	19	1436	720	174	174	142	101	137	131	62	135	136	136	511	331	360	120	133	107	98	97	104	1
Nowgorod	10	M	26	1342	575	176	172	140	93	127	127	52	130	130	130	510	320	360	120	125	115	99	98	96	
Waldai	11	M	50	1456	537	180	180	136	94	131	125	56	148	146	148	520	335	380	135	135	110	104	95	111	1
Waldai	12	M	40	1384	582	164	164	140	96	131	130	61	134	134	134	495	332	350	120	120	110	97	90	96	
Waldai	13	M	30	1384	660	176	176	140	96	134	136	56	131	134	131	515	322	350	115	110	125	100	100	102	
Waldai	14	M	30	1176	790	170	170	130	92	123	128	60	131	133	132	455	320	354	120	130	104	97	99	98	
Waldai	15	M	40	1456	620	177	177	144	95	136	136	52	136	134	136	515	335	363	130	120	113	101	100	101	
Waldai	16	M	30	1600	655	180	180	154	96	136	148	53	140	142	141	537	350	375	130	130	115	104	99	102	
Demjansk	17	M	35	1668	822	186	186	152	103	144	144	52	137	140	138	550	330	380	135	135	110	112	97	106	
				1451	657	175	175	142	97	131	134	58	135	136	136	512	335	365	124	128	113	101	93	99	
Nowgorod	1	W	25	1432	565	182	182	138	98	124	135	56	125	128	126	514	330	370	130	128	112	106	92	96	
Gouv. Nowgorod	2	W	51	1300	745	176	176	139	94	124	137	53	130	127	130	505	320	360	120	130	110	96	96	100	
				1366	655	179	179	138	96	124	136	54	127	127	128	509	325	365	125	129	111	101	94	98	

Nowgorod.

27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
sm. magn.		Gaumen.		Gesicht.		Zygomatical-Breite.	Augenhöhle.		Nase.		Breite der Nasenwurzel.	Oberkiefer.		Unterkiefer.						Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenbreiten-Index.	Breitenholon-index.	Lagenindex.	Nasenindex.	Augenhöhlen-index.	Fornm. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Ihering.
																		Aeste.													
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.		Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.		Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.												
33	28	45	36	116	106	122	32	36	48	21	20	66	58	190	94	32	118	60	32	87,7	83,4	64,3	95,1	IX—X	43,7	88,8	84,8	95,0	128	72	85,5
36	30	41	39	106	105	128	32	36	47	23	23	59	62	175	95	25	110	58	34	76,9	76,9	67,8	100	XI	48,9	88,8	90,4	82,8	128	75	88
38	32	47	40	130	122	139	35	40	52	25	25	73	66	190	100	40	115	68	40	87,2	80,3	68,8	92,0	X	48,0	87,5	84,2	93,5	128	78	88,5
37	30	45	39	120	110	128	34	37	51	20	21	65	57	185	86	30	113	69	32	82,0	74,1	65,2	91,6	X—XI	39,2	91,8	81,0	93,7	105	72	86
31	27	41	37	116	102	120	31	37	50	19	22	65	57	175	97	30	119	57	36	86,5	83,5	64,7	96,4	X	38,0	83,7	87,0	96,6	127	76	91
34	28	41	34	92	98	116	31	36	42	22	18	53	56	165	80	25	122	54	29	83,1	79,5	69,5	95,6	X	52,3	86,1	86,8	79,3	111	75	84
38	28	43	37	123	118	134	34	40	53	25	25	69	63	190	95	34	124	63	34	78,4	75,1	71,1	95,7	X	49,0	85,0	73,6	91,7	123	76	88,5
37	27	52	42	121	121	139	31	44	48	25	25	65	67	210	100	35	113	73	41	80,0	71,9	76,3	89,8	XI	52,0	70,4	72,9	87,0	110	78	87
33	30	47	35	112	112	132	32	40	51	23	24	65	62	175	107	31	118	56	33	81,6	77,5	71,1	95,0	X	45,0	80,0	90,9	84,8	127	72	88,5
36	31	45	39	117	113	131	32	38	51	25	23	62	57	185	98	31	124	69	36	79,5	73,8	66,4	92,8	X	49,1	84,2	86,1	89,3	121	74	87
40	33	46	38	105	110	128	32	38	51	25	20	62	60	—	—	—	—	—	—	75,5	82,2	69,1	108	XI	49,1	84,2	82,5	89,8	117	76	87,5
37	31	40	35	109	106	132	32	40	43	23	23	58	50	175	102	32	110	62	30	85,3	81,7	68,5	95,7	IX—X	53,4	80,0	83,7	82,5	—	78	82
31	31	48	42	110	110	—	32	40	51	28	23	64	68	—	—	—	—	—	—	79,5	74,4	68,5	93,5	X	54,9	80,0	100	—	—	69	78,5
30	25	46	38	110	108	122	31	36	44	24	22	60	59	200	90	30	126	54	38	76,4	77,0	70,7	100	X	54,5	86,1	78,1	90,1	126	79	88
39	32	43	37	112	107	130	31	40	49	24	24	61	61	170	100	32	108	73	32	82,4	76,8	65,9	94,4	X	48,9	77,5	82,0	86,1	126	79	91
34	30	45	37	114	110	130	29	37	47	25	22	60	59	—	—	33	122	64	32	85,5	77,7	62,3	90,9	XI	53,1	78,3	88,2	87,6	109	80	88
40	33	45	39	126	116	139	33	42	54	24	24	71	62	200	105	33	116	66	38	81,7	73,6	67,7	90,1	X—XI	44,4	78,5	82,5	90,6	126	79	91,5
35	29	45	38	114	109	128	32	39	48	24	22	63	60	183	95	31	117	62	34	81,1	77,1	68,3	95,0	X	50,0	82,0	82,8	89,0	123	76	87
37	27	40	35	102	100	116	35	39	45	21	21	58	58	170	85	29	120	51	35	75,8	68,6	71,0	90,5	X	46,6	89,7	72,9	87,9	131	80	92
34	24	50	39	111	108	123	30	39	45	25	20	61	61	175	90	33	120	58	31	78,9	73,8	67,6	93,5	X	55,5	76,9	70,5	90,2	134	71	79
35	25	45	37	106	104	119	32	39	45	23	20	59	59	172	87	31	120	54	33	77,0	70,9	69,5	92,0	X	51,1	82,0	74,2	89,0	132	75	85

№ 7. Gouvernement Nowgorod.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis [illegible]
Kiriloff	1	M	18	1424	595	163	162	143	92	124	136	58	136	138	136	480	340	360	125	125	110	94	85	92	90
Borowitschi	2	M	18	1424	595	178	178	137	93	126	136	56	137	136	137	505	325	365	122	128	115	99	97	96	90
Demjansk	3	M	36	1530	760	173	178	151	104	139	136	69	139	139	139	525	350	375	130	135	110	106	83	105	100
Demjansk	4	M	43	1472	640	178	178	144	94	132	138	59	132	132	132	515	333	365	122	122	121	98	98	98	96
Krestzy	5	M	18	1420	595	164	166	142	92	130	135	64	137	138	138	495	343	370	130	133	117	93	85	92	88
Krestzy	6	M	19	1326	417	166	166	138	96	127	121	55	132	129	133	488	325	348	110	130	108	92	91	94	93
Staraja-Russa	7	M	30	1556	725	181	181	142	101	126	130	53	136	136	139	530	357	374	120	140	114	110	95	99	96
Waldai	8	M	22	1620	875	185	185	148	113	132	139	65	133	135	134	535	355	380	135	135	110	114	89	104	107
Nowgorod	9	M	19	1436	720	174	174	142	101	137	131	62	135	136	136	511	331	360	120	133	107	98	97	104	100
Nowgorod	10	M	26	1342	575	176	172	140	93	127	127	52	130	130	130	510	320	360	120	125	115	99	98	96	92
Waldai	11	M	50	1456	537	180	180	136	94	131	125	56	148	146	148	520	335	380	135	135	110	104	95	111	103
Waldai	12	M	40	1384	582	164	164	140	96	131	130	61	134	134	134	495	332	350	120	120	110	97	90	96	93
Waldai	13	M	30	1384	660	176	176	140	96	134	136	56	131	134	131	515	322	350	115	110	125	100	100	102	106
Waldai	14	M	30	1176	790	170	170	130	92	123	128	60	131	133	132	455	320	354	120	130	104	97	99	98	92
Waldai	15	M	40	1456	620	177	177	144	95	136	136	52	136	134	136	515	335	363	130	120	113	101	100	101	92
Waldai	16	M	30	1600	655	180	180	154	96	136	148	53	140	142	141	537	350	375	130	130	115	104	99	102	97
Demjansk	17	M	35	1668	822	186	186	152	103	144	144	52	137	140	138	550	330	380	135	135	110	112	97	106	100
				1451	657	175	175	142	97	131	134	58	135	136	136	512	335	365	124	128	113	101	93	99	96
Nowgorod	1	W	25	1432	565	182	182	138	98	124	135	56	125	128	126	514	330	370	130	128	112	106	92	96	88
Gouv. Nowgorod	2	W	51	1300	745	176	176	139	94	124	137	53	130	127	130	505	320	360	120	130	110	96	96	100	106
				1366	655	179	179	138	96	124	136	54	127	127	128	509	325	365	125	129	111	101	94	98	97

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel	27. Foram. magn. Länge	28. Foram. magn. Breite	29. Gaumen Länge	30. Gaumen Breite	31. Gesicht Länge	32. Gesicht Breite	33. Zygomatical-Breite	34. Augenhöhle Höhe	35. Augenhöhle Breite	36. Nase Länge	37. Nase Breite	38. Breite der Nasenwurzel	39. Oberkiefer Länge	40. Oberkiefer Breite	41. Unterkiefer Länge	42. Unterkiefer Breite	43. Unterkiefer Höhe	44. Unterkiefer Winkel	45. Unterkiefer Aeste Höhe	46. Unterkiefer Aeste Breite	47. Breitenindex	48. Höhenindex	49. Breitenbreitenindex	50. Breitenhöhenindex	51. Lagenindex	52. Nasenindex	53. Augenhöhlenindex	54. Foram. magn. index	55. Gesichtsindex	56. Nasenwinkel	57. Gesichtswinkel nach Broca	58. Gesichtswinkel nach Ihering
Kiriloff	16	33	28	45	36	116	106	122	32	36	48	21	20	66	58	190	94	32	118	60	32	87,7	83,4	64,3	95,1	IX—X	43,7	88,8	84,8	95,0	128	72	85,5
Borowitschi	15	36	30	41	39	106	105	128	32	36	47	23	23	59	62	175	95	25	110	58	34	76,9	76,9	67,8	100	XI	48,9	88,8	90,4	82,8	128	75	88
Demjansk	7	38	32	47	40	130	122	139	35	40	52	25	25	73	66	190	100	40	115	68	40	87,2	80,3	68,8	92,0	X	48,0	87,5	84,2	93,5	128	78	88,5
Demjansk	7	37	30	45	39	120	110	128	34	37	51	20	21	65	57	185	86	30	113	69	32	82,0	74,1	65,2	91,6	X—XI	39.2	91,8	81,0	93,7	105	72	86
Krestzy	6	31	27	41	37	116	102	120	31	37	50	19	22	65	57	175	97	30	119	57	36	86,5	83,5	64,7	96,4	X	38,0	83,7	87,0	96,6	127	76	91
Krestzy	17	34	28	41	34	92	98	116	31	36	42	22	18	53	56	165	80	25	122	54	29	83,1	79,5	69,5	95,6	X	52,3	86,1	86,8	79,3	111	75	84
Staraja-Russa	8	38	28	43	37	123	118	134	34	40	53	25	25	69	63	190	95	34	124	63	34	78.4	75.1	71,1	95,7	X	49,0	85,0	73,6	91,7	123	76	88,5
Waldai	3	37	27	52	42	121	121	139	31	44	48	25	25	65	67	210	100	35	113	73	41	80,0	71,9	76,3	89,8	XI	52,0	70,4	72,9	87,0	110	78	87
Nowgorod	11	33	30	47	35	112	112	132	32	40	51	23	24	65	62	175	107	31	118	56	33	81,6	77,5	71,1	95,0	X	45,0	80,0	90,9	84,8	127	72	88,5
Nowgorod	6	36	31	45	39	117	113	131	32	38	51	25	23	62	57	185	98	31	124	69	36	79,5	73.8	66,4	92,8	X	49,1	84,2	86,1	89,3	121	74	87
Waldai	—	40	33	46	38	105	110	128	32	38	51	25	20	62	60	—	—	—	—	—	—	75,5	82,2	69,1	108	XI	49,1	84,2	82,5	89,8	117	76	87,5
Waldai	10	37	31	40	35	109	106	132	32	40	43	23	23	58	50	175	102	32	110	62	30	85,3	81,7	68,5	95,7	IX—X	53,4	80,0	83,7	82,5	—	78	82
Waldai	18	31	31	48	42	110	110	—	32	40	51	28	23	64	68	—	—	—	—	—	—	79,5	74,4	68,5	93,5	X	54,9	80,0	100	—	—	69	78,5
Waldai	9	30	25	46	38	110	108	122	31	36	44	24	22	60	59	200	90	30	126	54	35	76,4	77,0	70,7	100	X	54,5	86,1	78,1	90,1	126	79	88
Waldai	10	39	32	43	37	112	107	130	31	40	49	24	24	61	61	170	100	32	108	73	32	82,4	76,8	65,9	94,4	X	48,9	77,5	82,0	86,1	126	79	91
Waldai	9	34	30	45	37	114	110	130	29	37	47	25	22	60	59	—	—	33	122	64	32	85,5	77,7	62,3	90,9	XI	53,1	78,3	88,2	87,6	109	80	88
Demjansk	6	40	33	45	39	126	116	139	33	42	54	24	24	71	62	200	105	33	116	66	38	81,7	73,6	67,7	90,1	X—XI	44,4	78,5	82,5	90,6	126	79	91,5
	9	35	29	45	38	114	109	128	32	39	48	24	22	63	60	183	95	31	117	62	34	81,1	77,1	68,3	95,0	X	50,0	82,0	82,8	89,0	123	76	87
Nowgorod	2	37	27	40	35	102	100	116	35	39	45	21	21	58	58	170	85	29	120	51	35	75,8	68,6	71,0	90,5	X	46,6	89,7	72,9	87,9	131	80	92
Gouv. Nowgorod	8	34	24	50	39	111	108	123	30	39	45	25	20	61	61	175	90	33	120	58	31	78,9	73,8	67,6	93,5	X	55,5	76,9	70,5	90,2	134	71	79
	5	35	25	45	37	106	104	119	32	39	45	23	20	59	59	172	87	31	120	54	33	77,0	70,9	69,5	92,0	X	51,1	82,0	74,2	89,0	132	75	85

№ 8. Gouvernement

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.
St. Petersburg	1	M	48	1912	815	188	188	157	102	142	150	65	142	143	143	555	361	398	140	140	118	106	108	100
Schlüsselburg	2	M	23	1282	680	179	179	140	94	130	134	55	128	127	128	515	311	350	120	120	110	100	95	104
Peterhof	3	M	17	1280	565	159	159	148	95	135	135	64	129	129	129	487	345	342	123	120	99	99	80	94
Peterhof	4	M	23	1416	757	177	177	142	96	130	126	52	132	126	133	516	330	355	125	125	110	100	92	104
Zarskoje-Sselo	5	M	43	1516	757	188	188	139	100	122	136	52	130	132	130	530	333	390	138	132	120	106	99	96
Jamburg	6	M	30	1342	730	174	174	142	100	132	132	62	134	133	134	515	330	361	123	117	121	99	91	97
Gdow	7	M	18	1576	790	184	184	145	96	139	139	56	139	144	139	540	337	392	135	135	120	99	100	96
Luga	8	M	27	1410	530	170	170	141	95	128	138	60	130	128	130	500	340	355	115	125	115	98	94	90
Luga	9	M	28	1582	1100	186	186	152	95	139	150	70	140	140	140	540	332	390	140	120	130	106	98	102
Luga	10	M	38	1478	595	174	174	142	94	128	134	54	132	128	132	510	333	365	130	125	110	100	90	98
Gouv. St. Petersburg	11	M	18	1316	730	172	173	142	93	128	138	56	130	132	133	504	334	350	124	116	110	100	90	102
Gouv. St. Petersburg	12	M	22	1424	550	178	178	152	101	142	140	60	124	125	125	535	333	350	120	110	120	99	98	102
Gouv. St. Petersburg	13	M	41	1386	637	167	168	140	94	130	138	50	136	140	138	500	337	360	125	135	100	100	83	96
Stadt St. Petersburg	14	M	52	1380	612	180	180	140	95	131	136	57	136	133	136	528	330	368	125	125	110	101	93	103
				1451	703	177	177	144	96	133	137	58	134	133	134	520	335	366	127	125	114	101	94	99
Stadt St. Petersburg	1	W	21	1190	595	163	163	140	86	122	138	52	127	120	127	480	320	331	120	110	101	94	89	98
Gouv. St. Petersburg	2	W	23	1122	485	158	158	131	85	116	127	42	124	123	124	468	300	330	114	110	106	90	87	90
Stadt St. Petersburg	3	W	24	1426	620	172	172	148	92	130	134	52	119	122	120	510	337	365	133	122	110	101	87	88
Peterhof	4	W	25	1382	565	172	172	140	100	128	128	68	127	130	127	505	338	360	120	125	115	99	94	96
Luga	5	W	27	1290	510	166	166	145	94	136	135	64	114	120	117	500	318	335	115	115	105	96	91	92
Gouv. St. Petersburg	6	W	40	1366	805	179	179	137	102	126	129	64	138	130	138	515	331	363	120	130	113	100	90	101
Gouv. St. Petersburg	7	W	43	1192	397	163	163	139	94	125	126	57	116	117	117	487	310	333	115	106	112	91	92	86
Gouv. St. Petersburg	8	W	44	1258	629	176	176	146	96	130	134	52	126	132	126	520	330	361	130	120	111	98	93	95
Gouv. St. Petersburg	9	W	52	1162	524	178	178	141	93	124	134	53	126	124	126	513	325	370	130	110	130	95	100	94
Stadt St. Petersburg	10	W	53	1400	844	170	171	148	98	135	134	54	129	128	129	510	345	357	133	107	117	102	87	97
Stadt St. Petersburg	11	W	58	1400	462	175	175	141	96	131	131	54	136	130	136	510	326	355	122	121	112	100	95	102
Gouv. St. Petersburg	12	W	59	1530	730	186	186	142	94	134	134	56	137	132	138	530	334	385	132	130	123	100	102	96
				1310	597	171	171	141	94	128	132	56	126	125	127	504	326	354	123	117	113	97	92	94

№ 9. Gouvernemen

Pskow	1	M	22	1386	550	172	172	139	91	126	124	56	133	135	133	503	330	363	123	123	117	103	95	98
Porchow	2	M	40	1354	700	176	176	144	90	129	138	61	131	132	132	513	326	370	130	130	110	98	95	94
Ostrow	3	M	61	1570	860	184	184	148	93	136	144	59	136	138	138	535	335	390	140	135	115	105	99	98
Noworshew	4	M	36	1200	635	172	172	138	94	128	128	56	124	128	125	505	320	341	125	107	109	99	89	100
Welikije-Luki	5	M	20	1388	550	178	178	140	94	124	136	51	128	130	129	510	320	360	127	115	118	100	95	100
Welikije-Luki	6	M	24	1258	640	160	160	144	100	125	140	65	124	125	125	490	327	333	120	115	98	96	79	91
Welikije-Luki	7	M	30	1354	645	175	175	139	91	124	136	59	128	130	129	504	322	360	125	125	110	100	88	100
Welikije-Luki	8	M	73	1472	617	176	176	153	105	131	136	73	127	130	130	527	335	350	120	120	110	101	94	102
Gouv. Pskow	9	M	26	1486	650	171	171	143	100	130	136	58	130	135	132	512	335	360	130	123	107	103	82	97
Gouv. Pskow	10	M	27	1508	625	182	182	144	102	128	140	59	140	138	141	520	343	372	133	133	106	105	97	105
Gouv. Pskow	11	M	38	1318	535	164	164	140	98	126	132	60	134	132	134	490	325	345	129	121	105	96	82	94
Gouv. Pskow	12	M	40	1416	805	178	178	149	94	128	140	60	128	130	129	520	335	367	134	116	117	104	89	99
Gouv. Pskow	13	M	47	1440	787	172	172	140	97	136	138	59	149	148	149	530	340	373	130	132	111	103	84	103
				1396	661	174	174	143	96	128	136	60	132	133	133	512	330	360	128	123	109	101	90	98
Gouv. Pskow	1	W	23	1534	690	174	176	142	93	130	140	62	134	144	136	505	330	380	135	125	120	91	96	92
Gouv. Pskow	2	W	26	1430	605	179	179	136	98	125	125	52	132	137	134	516	325	370	130	125	115	97	98	99
Gouv. Pskow	3	W	28	1236	730	170	170	141	92	121	134	47	122	122	122	500	322	352	125	127	100	102	88	94
				1400	675	174	175	139	94	125	133	54	129	134	131	507	326	367	130	126	111	97	94	95

St. Petersburg.

27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
oram.magn.		Gaumen.		Gesicht.		Zygomatical-Breite.	Augenhöhle.		Nase.		Breite der Nasenwurzel.	Oberkiefer.		Unterkiefer.						Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenbreitenindex.	Breitenhöhenindex.	Lageindex.	Nasenindex.	Augenhöhlenindex.	Foram. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Thering.
																		Aeste.													
Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.		Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.		Länge.	Breite.	Länge	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.												
36	30	49	40	124	113	137	36	42	53	23	20	71	62	180	107	36	124	65	32	83,5	75,5	64,9	90,4	X	43,3	85,7	90,4	90,5	118	80	87,5
36	33	52	40	120	114	128	31	40	53	23	23	67	67	180	94	36	120	65	38	78,2	71,5	67,1	91,4	X	43,3	77,5	91,6	93,7	130	69	82,5
31	26	43	36	110	105	124	29	35	50	21	21	62	60	175	82	31	114	55	31	93,0	81,1	64,1	87,1	IX	42,0	82,8	83,8	80,6	124	71	89
35	33	47	35	116	110	129	33	40	48	23	21	65	58	180	93	33	112	63	38	80,2	74,5	67,6	92,9	IX	47,9	82,5	94,2	90,0	106	75	87
36	29	48	42	112	112	128	33	39	49	24	22	62	62	185	100	34	115	63	34	73,9	69,1	71,9	93,5	XI	48,9	84,6	80,5	87,5	115	76	89
35	30	43	36	124	112	134	33	41	49	22	24	69	60	177	100	38	125	67	29	81,6	77,0	70,4	94,3	IX—X	44,9	80,4	85,7	92,5	115	74	92
36	35	50	44	118	118	136	29	39	51	25	24	65	69	185	100	35	122	66	36	78,8	75,5	66,2	95,8	X	49,1	74,3	97,2	86,7	131	72	83,5
36	31	43	38	108	108	124	33	39	47	23	21	63	60	175	95	30	127	57	30	82,9	76,4	67,3	92,1	IX—X	48,9	84,6	86,1	87,0	131	77	86
33	27	45	39	122	110	134	34	38	48	20	19	69	61	190	98	34	112	65	35	81,7	75,2	62,5	92,1	XI	41,7	89,4	81,8	91,0	125	81	91,5
32	28	46	36	110	102	122	32	39	47	19	19	62	55	180	95	31	118	61	31	81,6	75,8	66,1	92,1	X	40,4	82,0	87,5	90,1	125	76	87
35	25	46	36	119	109	126	33	39	49	22	22	65	63	180	95	33	124	58	35	85,5	75,5	65,4	91,5	IX	44,9	84,6	71,4	94,4	136	76	90
39	29	47	40	120	113	130	32	40	50	22	18	64	64	185	103	34	118	72	35	85,4	69,6	66,5	81,5	IX—X	40,0	80,0	74,3	92,3	129	71	85
35	30	45	38	124	108	126	38	40	52	23	20	69	60	183	90	36	118	66	34	83,8	81,4	67,1	97,1	X	44,2	95,0	85,7	99,9	129	73	84,5
34	31	47	38	116	116	134	32	41	52	29	25	61	61	180	94	31	119	65	34	77,7	85,5	67,8	97,1	XI	55,7	78,0	91,1	86,5	126	77	89,5
35	30	47	38	117	110	129	33	39	50	23	21	65	61	182	96	34	119	63	34	81,3	75,7	66,6	93,0	X	46,0	86,1	85,7	90,7	124	75	87,5
31	27	43	35	118	96	116	34	34	48	20	21	64	56	180	85	31	129	55	34	85,8	77,9	61,4	90,7	IX	41,6	100	87,0	101,7	138	73	86
33	28	42	39	110	99	114	31	35	45	22	19	56	54	172	90	33	127	62	33	82,9	78,4	64,8	94,6	IX	48,8	88,5	84,8	96,4	138	73	85
33	29	41	36	102	102	118	33	39	44	21	18	60	58	170	85	27	132	49	31	86,0	69,2	62,1	80,4	X	47,7	84,6	87,8	86,4	130	81	92
34	28	41	41	108	108	127	30	38	46	24	24	54	60	170	90	28	120	59	33	81,3	73,8	71,4	90,7	X	52,1	78,9	86,8	85,0	147	81	88,5
34	28	44	34	114	102	120	32	36	47	22	22	58	57	160	87	27	113	57	35	87,3	68,6	64,8	78,3	IX	46,8	88,8	86,8	95,0	147	75	88
40	33	53	45	121	116	134	28	41	46	24	24	66	68	195	98	38	120	67	36	76,5	77,0	75,2	100	X	52,1	68,2	82,5	90,2	113	73	83
35	26	40	37	100	100	120	32	37	43	21	19	54	54	160	87	25	116	57	31	85,2	71,1	67,6	83,4	IX	48,8	86,4	72,4	83,3	125	76	86
37	33	50	36	110	110	133	33	40	48	27	21	65	63	183	94	27	124	66	32	82,9	71,5	65,7	86,3	IX—X	56,2	82,5	89,1	82,7	125	69	82
34	27	46	41	116	103	124	32	36	50	27	23	65	55	175	95	36	115	68	32	79,2	70,7	65,9	89,3	IX—X	54,0	88,8	79,4	93,5	133	74	88,5
37	29	42	38	104	103	126	33	40	50	23	19	63	55	170	87	28	123	58	28	87,0	75,8	66,1	84,4	IX—X	46,0	82,5	78,3	82,5	133	81	94,5
38	31	46	40	112	109	128	32	40	49	22	20	62	56	170	90	31	127	58	27	80,5	77,7	68,0	96,5	X	44,9	80,0	81,5	87,5	128	76	89
39	33	49	44	122	115	134	31	42	54	27	19	73	65	202	112	36	125	68	32	76,3	73,6	66,1	96,5	X	50,0	73,8	84,6	91,0	97	70	78
35	29	45	39	111	105	124	32	41	47	23	20	61	59	175	92	31	122	60	32	82,4	73,6	66,6	89,3	X	50,0	78,0	82,8	89,5	129	75	87,3

Pskow.

35	32	46	41	122	110	123	34	37	57	26	22	70	62	180	107	37	125	66	32	80,8	77,3	65,4	95,6	X	45,6	91,8	91,4	99,1	126	70	88
33	28	42	36	121	111	125	34	36	48	22	22	67	60	170	95	33	117	64	30	81,8	75,5	62,5	90,9	X	45,4	99,9	84,8	96,8	115	76	89
36	29	45	39	123	112	134	34	37	49	23	21	68	60	200	110	36	118	73	35	80,4	73,9	62,8	91,8	X	46,9	91,8	80,5	91,7	127	76	90
34	28	47	40	112	112	134	33	40	51	26	25	62	60	190	100	31	115	63	35	80,2	72,0	68,1	89,8	IX	50,9	82,5	82,3	93,5	127	75	86,5
33	29	50	36	118	106	124	32	39	51	23	22	66	57	165	92	34	121	62	28	78,6	71,9	67,1	91,4	X	45,0	82,0	87,8	95,1	127	74	89
34	31	36	33	122	110	128	33	40	49	23	23	66	55	170	100	35	122	68	29	90,0	77,5	69,4	86,1	IX	46,9	82,5	91,1	95,3	127	77	92
32	27	48	40	119	108	127	29	39	49	23	19	67	58	180	100	31	119	69	33	79,4	73,1	65,4	92,0	IX—X	46,9	74,3	84,3	93,7	115	69	84
35	31	49	38	105	105	132	31	42	49	23	23	60	56	180	93	24	122	60	34	86,9	72,1	68,6	83,0	X	46,9	73,8	88,5	79,5	115	75	87,5
36	29	46	38	120	118	137	32	42	52	21	21	68	64	185	92	31	115	66	35	83,6	76,0	69,9	90,9	IX—X	40,3	76,1	80,5	87,6	129	77	93
35	30	45	41	122	113	126	32	39	51	22	22	67	66	190	100	36	120	54	36	79,1	76,9	70,8	97,2	X	43,1	82,0	85,7	96,8	123	77	91
40	42	39	36	124	106	122	32	41	49	23	20	69	59	190	100	37	120	61	37	85,3	81,7	70,0	95,7	X	46,9	78,0	80,0	101,6	125	75	93
33	33	48	38	120	116	132	32	40	50	29	22	67	63	190	100	33	111	64	37	83,7	71,9	63,0	85,9	IX—X	58,0	80,0	100	90,9	116	71	86
31	31	46	44	117	111	128	32	39	48	20	23	67	66	185	105	32	121	66	32	81,3	86,6	69,2	106	X	41,6	82,0	100	91,4	125	76	87
34	31	45	38	119	111	129	33	39	50	23	22	66	60	183	100	33	119	64	33	82,1	75,8	67,1	92,3	X	46,0	84,6	91,1	92,2	123	74	88,9
38	32	42	37	114	101	119	33	38	48	21	20	62	53	170	91	33	132	58	22	81,6	77,0	65,4	94,3	X—XI	43,7	86,8	84,2	95,5	126	75	91
34	29	41	35	110	108	122	35	37	47	25	21	62	58	180	97	29	116	64	36	75,9	73,7	72,0	87,0	IX—X	53,1	94,5	85,2	90,1	129	79	87
30	29	42	35	111	101	121	32	40	51	23	19	66	56	170	89	27	112	62	36	82,9	71,7	65,2	86,5	X	45,0	80,0	96,6	93,3	145	78	92
34	30	42	36	112	103	121	33	38	49	23	20	63	56	173	92	30	120	61	31	79,8	74,1	67,1	92,8	X	46,9	86,8	88,2	92,5	133	77	90

№ 8. Gouvernement St. Petersburg.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis maxill. sup.
St. Petersburg	1	M	48	1912	815	188	188	157	102	142	150	65	142	143	143	555	361	398	140	140	118	106	108	100	97
Schlüsselburg	2	M	23	1282	680	179	179	140	94	130	134	55	128	127	128	515	311	350	120	120	110	100	95	104	108
Peterhof	3	M	17	1280	565	159	159	148	95	135	135	64	129	129	129	487	345	342	123	120	99	99	80	94	94
Peterhof	4	M	23	1416	757	177	177	142	96	130	126	52	132	126	133	516	330	355	125	125	110	100	92	104	101
Zarskoje-Sselo	5	M	43	1516	757	188	188	139	100	122	136	52	130	132	130	530	333	390	138	132	120	106	99	96	96
Jamburg	6	M	30	1342	730	174	174	142	100	132	132	62	134	133	134	515	330	361	123	117	121	99	91	97	92
Gdow	7	M	18	1576	790	184	184	145	96	139	139	56	139	144	139	540	337	392	135	135	120	99	100	96	98
Luga	8	M	27	1410	530	170	170	141	95	128	138	60	130	128	130	500	340	355	115	125	115	98	94	90	88
Luga	9	M	28	1582	1100	186	186	152	95	139	150	70	140	140	140	540	332	390	140	120	130	106	98	102	97
Luga	10	M	38	1478	595	174	174	142	94	128	134	54	132	128	132	510	333	365	130	125	110	100	90	98	96
Gouv. St. Petersburg	11	M	18	1316	730	172	173	142	93	128	138	56	130	132	133	504	334	350	124	116	110	100	90	102	101
Gouv. St. Petersburg	12	M	22	1424	550	178	178	152	101	142	140	60	124	125	125	535	333	350	120	110	120	99	98	102	108
Gouv. St. Petersburg	13	M	41	1386	637	167	168	140	94	130	138	50	136	140	138	500	337	360	125	135	100	100	83	96	95
Stadt St. Petersburg	14	M	52	1380	612	180	180	140	95	131	136	57	136	133	136	528	330	368	125	125	110	101	93	103	98
				1451	703	177	177	144	96	133	137	58	134	133	134	520	335	366	127	125	114	101	94	99	98
Stadt St. Petersburg	1	W	21	1190	595	163	163	140	86	122	138	52	127	120	127	480	320	331	120	110	101	94	89	98	96
Gouv. St. Petersburg	2	W	23	1122	485	158	158	131	85	116	127	42	124	123	124	468	300	330	114	110	106	90	87	90	90
Stadt St. Petersburg	3	W	24	1426	620	172	172	148	92	130	134	52	119	122	120	510	337	365	133	122	110	101	87	88	86
Peterhof	4	W	25	1382	565	172	172	140	100	128	128	68	127	130	127	505	338	360	120	125	115	99	94	96	93
Luga	5	W	27	1290	510	166	166	145	94	136	135	64	114	120	117	500	318	335	115	115	105	96	91	92	89
Gouv. St Petersburg	6	W	40	1366	805	179	179	137	102	126	129	64	138	130	138	515	331	363	120	130	113	100	90	101	108
Gouv. St. Petersburg	7	W	43	1192	397	163	163	139	94	125	126	57	116	117	117	487	310	333	115	106	112	91	92	86	88
Gouv. St. Petersburg	8	W	44	1258	629	176	176	146	96	130	134	52	126	132	126	520	330	361	130	120	111	98	93	95	100
Gouv. St. Petersburg	9	W	52	1162	524	178	178	141	93	124	134	53	126	124	126	513	325	370	130	110	130	95	100	94	94
Stadt St. Petersburg	10	W	53	1400	844	170	171	148	98	135	134	54	129	128	129	510	345	357	133	107	117	102	87	97	91
Stadt St. Petersburg	11	W	58	1400	462	175	175	141	96	131	131	54	136	130	136	510	326	355	122	121	112	100	95	102	94
Gouv. St. Petersburg	12	W	59	1530	730	186	186	142	94	134	134	56	137	132	138	530	334	385	132	130	123	100	102	96	108
				1310	597	171	171	141	94	128	132	56	126	125	127	504	326	354	123	117	113	97	92	94	95

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel.	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomatical-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite.	38. Breite der Nasenwurzel.	39. Oberkiefer. Länge.	40. Oberkiefer. Breite.	41. Unterkiefer. Länge	42. Unterkiefer. Breite.	43. Unterkiefer. Höhe.	44. Unterkiefer. Winkel.	45. Unterkiefer. Aeste. Höhe.	46. Unterkiefer. Aeste. Breite.	47. Breitenindex.	48. Höhenindex.	49. Breitenbreiten-index.	50. Breitenhöhen-index.	51. Lagenindex.	52. Nasenindex.	53. Augenhöhlen-index.	54. Foram. magn. index.	55. Gesichtsindex.	56. Nasenwinkel.	57. Gesichtswinkel nach Broca.	58. Gesichtswinkel nach Ihering.
St. Petersburg	10	36	30	49	40	124	113	137	36	42	53	23	20	71	62	180	107	36	124	65	32	83,5	75,5	64,9	90,4	X	43,3	85,7	90,4	90,5	118	80	87,5
Schlüsselburg	9	36	33	52	40	120	114	128	31	40	53	23	23	67	67	180	94	36	120	65	38	78,2	71,5	67,1	91,4	X	43,3	77,5	91,6	93,7	130	69	82,5
Peterhof	6	31	26	43	36	110	105	124	29	35	50	21	21	62	60	175	82	31	114	55	31	93,0	81,1	64,1	87,1	IX	42,0	82,8	83,8	80,6	124	71	89
Peterhof	16	35	33	47	35	116	110	129	33	40	48	23	21	65	58	180	93	33	112	63	38	80,2	74,5	67,6	92,9	IX	47,9	82,5	94,2	90,0	106	75	87
Zarskoje-Sselo	2	36	29	48	42	112	112	128	33	39	49	24	22	62	62	185	100	34	115	63	34	73,9	69,1	71,9	93,5	XI	48,9	84,6	80,5	87,5	115	76	89
Jamburg	7	35	30	43	36	124	112	134	33	41	49	22	24	69	60	177	100	38	125	67	29	81,6	77,0	70,4	94,3	IX—X	44,9	80,4	85,7	92,5	115	74	92
Gdow	0	36	35	50	44	118	118	136	29	39	51	25	24	65	69	185	100	35	122	66	36	78,8	75,5	66,2	95,8	X	49,1	74,3	97,2	86,7	131	72	83,5
Luga	6	36	31	43	38	108	108	124	33	39	47	23	21	63	60	175	95	30	127	57	30	82,9	76,4	67,3	92,1	IX—X	48,9	84,6	86,1	87,0	131	77	86
Luga	10	33	27	45	39	122	110	134	34	38	48	20	19	69	61	190	98	34	112	65	35	81,7	75,2	62,5	92,1	XI	41,7	89,4	81,8	91,0	125	81	91,5
Luga	8	32	28	46	36	110	102	122	32	39	47	19	19	62	55	180	96	31	118	61	31	81,6	75,8	66,1	92,1	X	40,4	82,0	87,5	90,1	125	76	87
Gouv. St. Petersburg	11	35	25	46	36	119	109	126	33	39	49	22	22	65	63	180	95	33	124	58	35	85,5	75,5	65,4	91,5	IX	44,9	84,6	71,4	94,4	136	76	90
Gouv. St. Petersburg	5	39	29	47	40	120	113	130	32	40	50	22	18	64	64	185	103	34	118	72	35	85,4	69,6	66,5	81,5	IX—X	40,0	80,0	74,3	92,3	129	71	85
Gouv. St. Petersburg	3	35	30	45	38	124	108	126	38	40	52	23	20	69	60	183	90	36	118	66	34	83,8	81,4	67,1	97,1	X	44,2	95,0	85,7	99,9	129	73	84,5
Stadt St. Petersburg	9	34	31	47	38	116	116	134	32	41	52	29	25	61	61	180	94	31	119	65	34	77,7	85,5	67,8	97,1	XI	55,7	78,0	91,1	86,5	126	77	89,5
	7	35	30	47	38	117	110	129	33	39	50	23	21	65	61	182	96	34	119	63	34	81,3	75,7	66,6	93,0	X	46,0	86,1	85,7	90,7	124	75	87,5
Stadt St. Petersburg	18	31	27	43	35	118	96	116	34	34	48	20	21	64	56	180	85	31	129	55	34	85,8	77,9	61,4	90,7	IX	41,6	100	87,0	101,7	138	73	86
Gouv. St. Petersburg	12	33	28	42	39	110	99	114	31	35	45	22	19	56	54	172	90	33	127	62	33	82,9	78,4	64,8	94,6	IX	48,8	88,5	84,8	96,4	138	73	85
Stadt St. Petersburg	0	33	29	41	36	102	102	118	33	39	44	21	18	60	58	170	85	27	132	49	31	86,0	69,2	62,1	80,4	X	47,7	84,6	87,8	86,4	130	81	92
Peterhof	2	34	28	41	41	108	108	127	30	38	46	24	24	54	60	170	90	28	120	59	33	81,3	73,8	71,4	90,7	X	52,1	78,9	86,8	85,0	147	81	88,5
Luga	0	34	28	44	34	114	102	120	32	36	47	22	22	58	57	160	87	27	113	57	35	87,3	68,6	64,8	78,3	IX	46,8	88,8	86,8	95,0	147	75	88
Gouv. St Petersburg	13	40	33	53	45	121	116	134	28	41	46	24	24	66	68	195	98	38	120	67	36	76,5	77,0	75,2	100	X	52,1	68,2	82,5	90,2	113	73	83
Gouv. St. Petersburg	0	35	26	40	37	100	100	120	32	37	43	21	19	54	54	160	87	25	116	57	31	85,2	71,1	67,6	83,4	IX	48,8	86,4	72,4	83,3	125	76	86
Gouv. St. Petersburg	1	37	33	50	36	110	110	133	33	40	48	27	21	65	63	183	94	27	124	66	32	82,9	71,5	65,7	86,3	IX—X	56,2	82,5	89,1	82,7	125	69	82
Gouv. St. Petersburg	5	34	27	46	41	116	103	124	32	36	50	27	23	65	55	175	95	36	115	68	32	79,2	70,7	65,9	89,3	IX—X	54,0	88,8	79,4	93,5	133	74	88,5
Stadt St. Petersburg	2	37	29	42	38	104	103	126	33	40	50	23	19	63	55	170	87	28	123	58	28	87,0	75,8	66,1	84,4	IX—X	46,0	82,5	78,3	82,5	133	81	94,5
Stadt St. Petersburg	17	38	31	46	40	112	109	128	32	40	49	22	20	62	56	170	90	31	127	58	27	80,5	77,7	68,0	96,5	X	44,9	80,0	81,5	87,5	128	76	89
Gouv. St. Petersburg	5	39	33	49	44	122	115	134	31	42	54	27	19	73	65	202	112	36	125	68	32	76,3	73,6	66,1	96,5	X	50,0	73,8	84,6	91,0	97	70	78
	6	35	29	45	39	111	105	124	32	41	47	23	20	61	59	175	92	31	122	60	32	82,4	73,6	66,6	89,3	X	50,0	78,0	82,8	89,5	129	75	87,3

№ 9. Gouvernement Pskow.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis maxill. sup.
Pskow	1	M	22	1386	550	172	172	139	91	126	124	56	133	135	133	503	330	363	123	123	117	103	95	98	100
Porchow	2	M	40	1354	700	176	176	144	90	129	138	61	131	132	132	513	326	370	130	130	110	98	95	94	90
Ostrow	3	M	61	1570	860	184	184	148	93	136	144	59	136	138	138	535	335	390	140	135	115	105	99	98	95
Noworshew	4	M	36	1200	635	172	172	138	94	128	128	56	124	128	125	505	320	341	125	107	109	99	89	100	102
Welikije-Luki	5	M	20	1388	550	178	178	140	94	124	136	51	128	130	129	510	320	360	127	115	118	100	95	100	98
Welikije-Luki	6	M	24	1258	640	160	160	144	100	125	140	65	124	125	125	490	327	333	120	115	98	96	79	91	83
Welikije-Luki	7	M	30	1354	645	175	175	139	91	124	136	59	128	130	129	504	322	360	125	125	110	100	88	100	100
Welikije-Luki	8	M	73	1472	617	176	176	153	105	131	136	73	127	130	130	527	335	350	120	120	110	101	94	102	104
Gouv. Pskow	9	M	26	1486	650	171	171	143	100	130	136	58	130	135	132	512	335	360	130	123	107	103	82	97	94
Gouv. Pskow	10	M	27	1508	625	182	182	144	102	128	140	59	140	138	141	520	343	372	133	133	106	105	97	105	103
Gouv. Pskow	11	M	38	1318	535	164	164	140	98	126	132	60	134	132	134	490	325	345	129	121	105	96	82	91	84
Gouv. Pskow	12	M	40	1416	805	178	178	149	94	128	140	60	128	130	129	520	335	367	134	116	117	104	89	99	102
Gouv. Pskow	13	M	47	1440	787	172	172	140	97	136	138	59	149	148	149	530	340	373	130	132	111	103	84	103	98
				1396	661	174	174	143	96	128	136	60	132	133	133	512	330	360	128	123	109	101	90	98	96
Gouv. Pskow	1	W	23	1534	690	174	176	142	93	130	140	62	134	144	136	505	330	380	135	125	120	91	96	92	85
Gouv. Pskow	2	W	26	1430	605	179	179	136	98	125	125	52	132	137	134	516	325	370	130	125	115	97	98	99	96
Gouv. Pskow	3	W	28	1236	730	170	170	141	92	121	134	47	122	122	122	500	322	352	125	127	100	102	88	94	90
				1400	675	174	175	139	94	125	133	54	129	134	131	507	326	367	130	126	111	97	94	95	90

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel.	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomatical-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite.	38. Breite der Nasenwurzel.	39. Oberkiefer. Länge.	40. Oberkiefer. Breite.	41. Unterkiefer. Länge	42. Unterkiefer. Breite.	43. Unterkiefer. Höhe.	44. Unterkiefer. Winkel.	45. Unterkiefer. Aeste. Höhe.	46. Unterkiefer. Aeste. Breite.	47. Breitenindex.	48. Höhenindex.	49. Breitenbreiten-index.	50. Breitenhöhen-index.	51. Lagenindex.	52. Nasenindex.	53. Augenhöhlen-index.	54. Foram. magn. index.	55. Gesichtsindex.	56. Nasenwinkel.	57. Gesichtswinkel nach Broca.	58. Gesichtswinkel nach Ihering.
Pskow	0	35	32	46	41	122	110	123	34	37	57	26	22	70	62	180	107	37	125	66	32	80,8	77,3	65,4	95,6	X	45,6	91,8	91,4	99,1	126	70	88
Porchow	9	33	28	42	36	121	111	125	34	36	48	22	22	67	60	170	95	33	117	64	30	81,8	75,5	62,5	90,9	X	45,4	99,9	84,8	96,8	115	76	89
Ostrow	3	36	29	45	39	123	112	134	34	37	49	23	21	68	60	200	110	36	118	73	35	80,4	73,9	62,8	91,8	X	46,9	91,8	80,5	91,7	127	76	90
Noworshew	1	34	28	47	40	112	112	134	33	40	51	26	25	62	60	190	100	31	115	63	35	80,2	72,0	68,1	89,8	IX	50,9	82,5	82,3	93,5	127	75	86,5
Welikije-Luki	5	33	29	50	36	118	106	124	32	39	51	23	22	66	57	165	92	34	121	62	28	78,6	71,9	67,1	91,4	X	45,0	82,0	87,8	95,1	127	74	89
Welikije-Luki	7	34	31	36	33	122	110	128	33	40	49	23	23	66	55	170	100	35	122	68	29	90,0	77,5	69,4	86,1	IX	46,9	82,5	91,1	95,3	127	77	92
Welikije-Luki	6	32	27	48	40	119	108	127	29	39	49	23	19	67	58	180	100	31	119	69	33	79,4	73,1	65,4	92,0	IX—X	46,9	74,3	84,3	93,7	115	69	84
Welikije-Luki	9	35	31	49	38	105	105	132	31	42	49	23	23	60	56	180	93	24	122	60	34	86,9	72,1	68,6	83,0	X	46,9	73,8	88,5	79,5	115	75	87,5
Gouv. Pskow	0	36	29	46	38	120	118	137	32	42	52	21	21	68	64	185	92	31	115	66	35	83,6	76,0	69,9	90,9	IX—X	40,3	76,1	80,5	87,6	129	77	93
Gouv. Pskow	13	35	30	45	41	122	113	126	32	39	51	22	22	67	66	190	100	36	120	54	36	79,1	76,9	70,8	97,2	X	43,1	82,0	85,7	96,8	123	77	91
Gouv. Pskow	7	40	42	39	36	124	106	122	32	41	49	23	20	69	59	190	100	37	120	61	37	85,3	81,7	70,0	95,7	X	46,9	78,0	80,0	101,6	125	75	93
Gouv. Pskow	1	33	33	48	38	120	116	132	32	40	50	29	22	67	63	190	100	33	111	64	37	83,7	71,9	63,0	85,9	IX—X	58,0	80,0	100	90,9	116	71	86
Gouv. Pskow	19	31	31	46	44	117	111	128	32	39	48	20	23	67	66	185	105	32	121	66	32	81,3	86,6	69,2	106	X	41,6	82,0	100	91,4	125	76	87
	6	34	31	45	38	119	111	129	33	39	50	23	22	66	60	183	100	33	119	64	33	82,1	75,8	67,1	92,3	X	46,0	84,6	91,1	92,2	123	74	88,9
Gouv. Pskow	0	38	32	42	37	114	101	119	33	38	48	21	20	62	53	170	91	33	132	58	22	81,6	77,0	65,4	94,3	X—XI	43,7	86,8	84,2	95,5	126	75	91
Gouv. Pskow	6	34	29	41	35	110	108	122	35	37	47	25	21	62	58	180	97	29	116	64	36	75,9	73,7	72,0	87,0	IX—X	53,1	94,5	85,2	90,1	129	79	87
Gouv. Pskow	7	30	29	42	35	111	101	121	32	40	51	23	19	66	56	170	89	27	112	62	36	82,9	71,7	65,2	86,5	X	45,0	80,0	96,6	93,3	145	78	92
	4	34	30	42	36	112	103	121	33	38	49	23	20	63	56	173	92	30	120	61	31	79,8	74,1	67,1	92,8	X	46,9	86,8	88,2	92,5	133	77	90

№ 10. Mittelzahlen

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gewicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoideal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25 Foram. magn.
Männliche																									
Archangelsk	18	M	18—50	1372	660	176	177	141	101	129	133	60	131	130	133	511	326	367	125	125	115	100	88	98	
Olonetz	15	M	18—51	1403	690	175	176	143	95	130	131	62	132	124	134	509	326	362	126	124	112	106	88	99	
Wologda	17	M	17—41	1458	663	175	176	143	97	129	132	60	133	129	134	512	334	366	129	125	113	102	90	99	
Kostroma	22	M	18—44	1416	639	175	177	142	97	129	129	59	132	130	133	512	332	365	128	127	110	101	90	99	
Jaroslaw	22	M	18—46	1413	677	176	176	140	98	132	127	59	133	133	134	512	331	361	127	128	111	100	93	100	
Twer	22	M	18—48	1450	659	174	175	144	97	132	134	56	132	133	133	514	334	362	127	125	112	101	91	99	
Nowgorod	17	M	18—50	1451	657	175	175	142	97	131	134	58	135	136	136	512	335	365	124	128	113	101	93	99	
St. Petersburg	14	M	17—52	1451	703	177	177	144	96	133	137	58	134	133	134	520	335	366	127	125	114	101	94	99	
Pskow	13	M	20—73	1396	661	174	174	143	96	128	136	60	132	133	133	512	330	360	128	123	109	101	90	98	
	160	M	17—73	1423	668	175	176	142	96	130	132	59	133	131	134	513	331	364	127	125	112	101	91	99	
Weibliche																									
Twer	7	W	20—83	1304	673	170	171	138	94	129	128	54	127	131	128	498	323	355	126	118	111	98	88	97	
Nowgorod	2	W	25—51	1366	655	179	179	138	96	124	136	54	127	127	128	509	325	365	125	129	111	101	94	98	
St. Petersburg	12	W	21—59	1310	597	171	171	141	94	128	132	56	126	125	127	504	326	354	123	117	114	97	92	94	
Pskow	3	W	23—28	1400	675	174	175	139	94	125	133	54	129	134	131	507	326	367	130	126	111	97	94	95	
	24	W	20—83	1345	650	173	174	139	94	126	132	54	127	129	128	504	325	360	126	122	111	98	92	96	

№ 11. Mittelzahle

J. van der Hoeven	15	?	—	—	—	—	175	—	—	138	140	—	—	—	137	509	—	363	—	—	—	—	—	—	
A. Retzius	2	—	—	—	—	—	170	—	102	—	151	—	—	—	141	520	—	—	—	—	—	—	—	—	
Kopernitzky	20	M	—	1331	—	—	180	141	—	—	—	—	—	—	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Th. Landzert	40	M	—	1471	—	—	176	144	—	—	—	—	—	—	136	511	—	401	125	128	148	—	—	—	
A. Bogdanoff	8	M	—	1468	655	—	179	142	100	—	—	—	—	146	137	527	315	420	—	—	—	—	—	101	
Protzenko	32	M	—	—	—	—	177	143	97	—	—	—	—	—	133	517	322	370	128	127	121	—	—	—	
A. Wolkenstein	13	M	—	1471	—	—	177	145	99	—	—	—	135	140	—	518	311	407	126	125	119	91	94	100	
N. Malieff	53	M	—	1434	—	—	176	143	100	124	—	—	—	—	135	511	306	401	127	123	151	—	—	100	
Quatrefages	8	M	—	1535	—	—	180	147	94	—	—	—	—	—	132	519	—	—	—	—	—	—	—	—	
Malieff	25	M	—	1456	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	523	—	—	—	—	—	—	—	—	
A. Bogdanoff	11	W	—	1353	568	—	173	137	—	—	—	—	—	—	128	505	303	400	—	—	—	—	—	96	
Protzenko	2	W	—	—	—	—	165	137	93	—	—	—	—	—	133	493	317	364	126	121	117	—	—	—	
A. Wolkenstein	8	W	—	1365	—	—	170	136	93	—	—	—	130	132	—	493	303	390	114	114	125	86	89	92	
Malieff	6	W	—	1292	—	—	170	140	99	120	—	—	—	—	132	498	300	383	118	115	148	—	—	99	

aller Gouvernements.

26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.
Foram. magn.			Gaumen.		Gesicht.		Zygomatical-Breite.	Augenhöhle.		Nase.		Breite der Nasenwurzel.	Oberkiefer.		Unterkiefer.						Breitenindex.	Höhenindex.	Breitenbreitenindex.	Breitenhöhenindex.	Lagenindex.	Nasenindex.	Augenhöhlenindex.	Foram. magn. index.	Gesichtsindex.	Nasenwinkel.	Gesichtswinkel nach Broca.	Gesichtswinkel nach Ihering.
																			Aeste.														
Winkel.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.		Höhe.	Breite.	Länge.	Breite.		Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Höhe.	Winkel.	Höhe.	Breite.													
Schädel.																																
8	35	30	45	37	114	109	128	32	38	48	23	24	62	60	184	96	32	115	65	36	**80,1**	74,4	71,7	92,9	X	47,9	84,2	85,7	89,0	121	72	86
0	36	30	44	37	116	107	125	32	38	48	24	23	63	61	180	95	32	122	62	33	80,5	75,4	67,3	93,6	X	50,0	84,2	83,3	92,8	127	77	87
0	35	30	47	37	119	110	129	32	39	50	24	23	66	61	182	97	34	117	64	34	81,7	76,1	67,8	93,0	X	48,0	82,0	85,7	92,2	124	76	88,5
0	35	29	45	38	118	108	129	33	39	50	23	23	65	61	178	96	33	120	64	33	81,1	75,4	68,3	92,9	X	46,0	84,6	82,8	91,4	125	76	88
1	36	29	44	38	115	109	128	32	39	50	24	22	63	60	177	96	32	119	68	34	79,5	75,5	70,0	95,0	X	48,0	82,0	80,5	89,8	119	77	88,9
9	35	30	45	37	115	109	129	33	39	50	23	22	64	60	180	99	32	120	64	33	**82,7**	75,8	67,3	91,6	X	46,0	84,6	85,7	89,1	126	76	87,7
9	35	29	45	38	114	109	128	32	39	48	24	22	63	60	183	95	31	117	62	34	81,1	77,1	68,3	95,0	X	50,0	82,0	82,8	89,0	123	76	87
7	35	30	47	38	117	110	129	33	39	50	23	21	65	61	182	96	34	119	63	34	81,3	75,7	66,6	93,0	X	46,0	86,1	85,7	90,7	124	75	87,5
6	34	31	45	38	119	111	129	33	39	50	23	22	66	60	183	100	33	119	64	33	82,1	75,8	67,1	92,3	X	46,0	84,6	91,1	92,2	123	74	88,9
9	35	30	45	38	116	109	128	32	39	49	23	22	64	60	181	97	32	119	64	34	81,1	76,0	67,6	93,6	X	46,9	82,0	85,7	90,6	124	75	87,7
Schädel.																																
6	35	29	43	38	110	105	123	32	38	48	24	22	59	59	172	93	31	123	62	33	81,1	74,7	68,1	92,0	X	50,0	84,2	82,8	89,4	130	77	88
5	35	25	45	37	106	104	119	32	39	45	23	20	59	59	172	87	31	120	54	33	77,0	70,9	69,5	92,0	X	51,1	82,0	74,2	89,0	132	75	85
6	35	29	45	39	111	105	124	32	41	47	23	20	61	59	175	92	31	122	60	32	82,4	73,6	66,6	89,3	X	50,0	78,0	82,8	89,5	129	75	87,3
4	34	30	42	36	112	103	121	33	38	49	23	20	63	56	173	92	30	120	61	31	79,8	74,1	67,1	92,8	X	46,9	86,8	88,2	92,5	133	77	90
5	35	28	44	37	110	104	122	32	39	47	23	20	60	58	173	91	31	121	59	32	80,3	73,4	67,6	91,3	X	50,0	82,0	80,0	90,1	131	76	87,6

anderer Autoren.

–	35	30	—	—	—	—	131	33	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,1	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	—	—	134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78,1	75,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—	82	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	119	—	—	33	39	56	26	23	—	—	—	—	—	—	—	—	79	76,3	—	96,5	—	48,2	84,6	—	—	—	73	—
–	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80,7	75,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
–	39	31	53	34	117	—	128	33	37	53	25	24	66	—	184	103	—	—	—	—	80,9	76,2	86	94,4	—	47,2	89,1	91,4	103,9	—	70	—
–	—	—	—	—	117	—	132	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	80,3	75,7	—	—	—	—	—	—	88,6	—	73,9	—
–	—	—	—	—	—	—	133	35	39	52	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81,6	73,3	—	—	—	48,0	89,7	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81,4	—	—	—	—	50,6	82,8	—	—	—	—	—
–	—	—	—	—	110	—	—	33	39	—	25	23	—	—	—	—	—	—	—	—	79	73,5	—	93,1	—	46,4	—	—	—	—	75	—
–	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83,6	80,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
–	—	27	43	33	105	—	114	34	43	46	23	23	—	—	168	95	—	—	—	—	79,9	75,9	85,1	94,2	—	43,3	—	—	100	—	73	—
–	—	—	—	—	104	—	127	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	82,5	77,9	—	—	—	—	—	—	81,9	—	78	—

№ 10. Mittelzahlen aller Gouvernements.

Gouvernement oder Kreis.	1. №	2. Geschlecht.	3. Alter.	4. Inhalt.	5. Gesicht.	6. Länge № 1.	7. Länge № 2.	8. Höchste Breite.	9. Geringste Breite.	10. Mastoidal-Breite.	11. Parietal-Breite.	12. Frontal-Breite.	13. Vertikale Höhe № 1.	14. Vertikale Höhe № 2.	15. Grösste Höhe.	16. Umfang.	17. Querbogen.	18. Längsbogen.	19. Frontalbogen.	20. Parietalbogen.	21. Occipitalbogen.	22. Länge der vordern Hälfte.	23. Länge der hintern Hälfte.	24. Foram. magn. bis Nasenwurzel.	25. Foram. magn. bis Bregma.
Männliche Schädel.																									
Archangelsk	18	M	18—50	1372	660	176	177	141	101	129	133	60	131	130	133	511	326	367	125	125	115	100	88	98	96
Olonetz	15	M	18—51	1403	690	175	176	143	95	130	131	62	132	124	134	509	326	362	126	124	112	106	88	99	93
Wologda	17	M	17—41	1458	663	175	176	143	97	129	132	60	133	129	134	512	334	366	129	125	113	102	90	99	97
Kostroma	22	M	18—44	1416	639	175	177	142	97	129	129	59	132	130	133	512	332	365	128	127	110	101	90	99	95
Jaroslaw	22	M	18—46	1413	677	176	176	140	98	132	127	59	133	133	134	512	331	361	127	128	111	100	93	100	96
Twer	22	M	18—48	1450	659	174	175	144	97	132	134	56	132	133	133	514	334	362	127	125	112	101	91	99	97
Nowgorod	17	M	18—50	1451	657	175	175	142	97	131	134	58	135	136	136	512	335	365	124	128	113	101	93	99	96
St. Petersburg	14	M	17—52	1451	703	177	177	144	96	133	137	58	134	133	134	520	335	366	127	125	114	101	94	99	98
Pskow	13	M	20—73	1396	661	174	174	143	96	128	136	60	132	133	133	512	330	360	128	123	109	101	90	98	96
	160	M	17—73	1423	668	175	176	142	96	130	132	59	133	131	134	513	331	364	127	125	112	101	91	99	96
Weibliche Schädel.																									
Twer	7	W	20—83	1304	673	170	171	138	94	129	128	54	127	131	128	498	323	355	126	118	111	98	88	97	92
Nowgorod	2	W	25—51	1366	655	179	179	138	96	124	136	54	127	127	128	509	325	365	125	129	111	101	94	98	97
St. Petersburg	12	W	21—59	1310	597	171	171	141	94	128	132	56	126	125	127	504	326	354	123	117	114	97	92	94	95
Pskow	3	W	23—28	1400	675	174	175	139	94	125	133	54	129	134	131	507	326	367	130	126	111	97	94	95	90
	24	W	20—83	1345	650	173	174	139	94	126	132	54	127	129	128	504	325	360	126	122	111	98	92	96	93

Gouvernement oder Kreis.	26. Foram. magn. Winkel	27. Foram. magn. Länge.	28. Foram. magn. Breite.	29. Gaumen. Länge.	30. Gaumen. Breite.	31. Gesicht. Länge.	32. Gesicht. Breite.	33. Zygomatical-Breite.	34. Augenhöhle. Höhe.	35. Augenhöhle. Breite.	36. Nase. Länge.	37. Nase. Breite der Nasenwurzel.	38. Oberkiefer. Länge.	39. Oberkiefer. Breite.	40. Unterkiefer. Länge.	41. Unterkiefer. Breite.	42. Unterkiefer. Höhe.	43. Unterkiefer. Winkel.	44. Unterkiefer. Aesto. Höhe.	45. Unterkiefer. Aesto. Breite.	46. Breitenindex.	47. Höhenindex.	48. Breitenbreiten-index.	49. Breitenhöhen-index.	50. Längenindex.	51. Nasenindex.	52. Augenhöhlen-index.	53. Foram. magn. index.	54. Gesichtsindex.	55. Nasenwinkel.	56. Gesichtswinkel nach Broca.	57. Gesichtswinkel nach Ihering.
Männliche Schädel.																																
Archangelsk	8	35	30	45	37	114	109	128	32	38	48	23	24	62	60	184	96	32	115	65	36	80,1	74,4	71,7	92,9	X	47,9	84,2	85,7	89,0	121	72	86
Olonetz	10	36	30	44	37	116	107	125	32	38	48	24	23	63	61	180	95	32	122	62	33	80,5	75,4	67,8	93,6	X	50,0	84,2	83,3	92,8	127	77	87
Wologda	10	35	30	47	37	119	110	129	32	39	50	24	23	66	61	182	97	34	117	64	34	81,7	76,1	67,8	93,0	X	48,0	82,0	85,7	92,2	124	76	88,5
Kostroma	10	35	29	45	38	118	108	129	33	39	50	23	23	65	61	178	96	33	120	64	33	81,1	75,4	68,3	92,9	X	46,0	84,6	82,8	91,4	125	76	88
Jaroslaw	11	36	29	44	38	115	109	128	32	39	50	24	22	63	60	177	96	32	119	68	34	79,5	75,5	70,0	95,0	X	48,0	82,0	80,5	89,8	119	77	88,9
Twer	9	35	30	45	37	115	109	129	33	39	50	23	22	64	60	180	99	32	120	64	33	82,7	75,8	67,3	91,6	X	46,0	84,6	85,7	89,1	126	76	87,7
Nowgorod	9	35	29	45	38	114	109	128	32	39	48	24	22	63	60	183	95	31	117	62	34	81,1	77,1	68,3	95,0	X	50,0	82,0	82,8	89,0	123	76	87
St. Petersburg	7	35	30	47	38	117	110	129	33	39	50	23	21	65	61	182	96	34	119	63	34	81,3	75,7	66,6	93,0	X	46,0	86,1	85,7	90,7	124	75	87,5
Pskow	6	34	31	45	38	119	111	129	33	39	50	23	22	66	60	183	100	33	119	64	33	82,1	75,8	67,1	92,3	X	46,0	84,6	91,1	92,2	123	74	88,9
	9	35	30	45	38	116	109	128	32	39	49	23	22	64	60	181	97	32	119	64	34	81,1	76,0	67,6	93,6	X	46,9	82,0	85,7	90,6	124	75	87,7
Weibliche Schädel.																																
Twer	6	35	29	43	38	110	105	123	32	38	48	24	22	59	59	172	93	31	123	62	33	81,1	74,7	68,1	92,0	X	50,0	84,2	82,8	89,4	130	77	88
Nowgorod	5	35	25	45	37	106	104	119	32	39	45	23	20	59	59	172	87	31	120	54	33	77,0	70,9	69,5	92,0	X	51,1	82,0	74,2	89,0	132	75	86
St. Petersburg	6	35	29	45	39	111	105	124	32	41	47	23	20	61	59	175	92	31	122	60	32	82,4	73,6	66,6	89,3	X	50,0	78,0	82,8	89,5	129	75	87,3
Pskow	4	34	30	42	36	112	103	121	33	38	49	23	20	63	56	173	92	30	120	61	31	79,8	74,1	67,1	92,8	X	46,9	86,8	88,2	92,5	133	77	90
	5	35	28	44	37	110	104	122	32	39	47	23	20	60	58	173	91	31	121	59	32	80,3	73,4	67,6	91,3	X	50,0	82,0	80,0	90,1	131	76	87,6

№ 11. Mittelzahlen anderer Autoren.

J. van der Hoeven	15	?	—	—	—	—	175	—	—	138	140	—	—	—	137	509	—	363	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Retzius	2	—	—	—	—	—	170	—	102	—	151	—	—	—	141	520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kopernitzky	20	M	—	1331	—	—	180	141	—	—	—	—	—	—	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Th. Landzert	40	M	—	1471	—	—	176	144	—	—	—	—	—	—	136	511	—	401	125	128	148	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Bogdanoff	8	M	—	1468	655	—	179	142	100	—	—	—	146	137	527	315	420	—	—	—	—	—	101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protzenko	32	M	—	—	—	—	177	143	97	—	—	—	—	133	517	322	370	128	127	121	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Wolkenstein	13	M	—	1471	—	—	177	145	99	—	—	135	140	—	518	311	407	126	125	119	91	94	100	—	—	39	31	53	34	117	—	128	33	37	53	25	24
N. Malieff	53	M	—	1434	—	—	176	143	100	124	—	—	—	135	511	306	401	127	123	151	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	132	—	—	—	—	25
Quatrefages	8	M	—	1535	—	—	180	147	94	—	—	—	—	132	519	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	133	35	39	52	24	—
Malieff	25	M	—	1456	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	523	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Bogdanoff	11	W	—	1353	568	—	173	137	—	—	—	—	—	128	505	303	400	—	—	—	—	—	96	—	—	—	—	—	—	110	—	—	33	39	—	25	23
Protzenko	2	W	—	—	—	—	165	137	93	—	—	—	—	133	493	317	364	126	121	117	—	—	—	—	—	27	43	33	105	—	114	34	43	46	23	23
A. Wolkenstein	8	W	—	1365	—	—	170	136	93	—	—	—	—	132	498	300	383	118	115	148	—	—	99	—	—	—	—	—	—	104	—	127	—	—	—	—	25
Malieff	6	W	—	1292	—	—	170	140	99	120	—	—	—	132	498	300	383	118	115	148	—	—	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

J. van der Hoeven	—	95	30	—	—	—	—	131	33	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,1	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Retzius	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kopernitzky	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Th. Landzert	—	—	—	—	—	—	—	134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78,1	75,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Bogdanoff	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	82	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protzenko	—	—	—	—	—	—	—	119	—	—	33	39	56	26	23	—	—	—	—	—	—	79	76,3	—	96,5	—	48,2	84,6	—	—	—	73	—	—	—	—
A. Wolkenstein	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80,7	75,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N. Malieff	—	39	31	53	34	117	—	128	33	37	53	25	24	66	—	184	103	—	—	—	—	80,9	76,2	86	94,4	—	47,2	89,1	91,4	103,9	—	70	—	—	—	—
Quatrefages	—	—	—	—	—	117	—	132	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	80,3	75,7	—	—	—	—	—	—	88,6	—	78,9	—	—	—	—
Malieff	—	—	—	—	—	—	—	133	35	39	52	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81,6	73,3	—	—	—	48,0	89,7	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81,4	—	—	—	—	50,6	82,8	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Bogdanoff	—	—	—	—	—	110	—	—	33	39	—	25	23	—	—	—	—	—	—	—	—	79	73,5	—	93,1	—	46,4	—	—	—	—	75	—	—	—	—
Protzenko	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83,6	80,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A. Wolkenstein	—	—	27	43	33	105	—	114	34	43	46	23	23	—	—	168	95	—	—	—	—	79,9	75,9	85,1	94,2	—	43,3	—	—	100	—	73	—	—	—	—
Malieff	—	—	—	—	—	104	—	127	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	82,5	77,9	—	—	—	—	—	—	81,9	—	78	—	—	—	—

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 14.

ÜBER DEN
TUBERCULARIA PERSICINA, DITM.
GENANNTEN PILZ.

VON

Dr. Christoph Gobi,
Professor an der Kaiserlichen Universität zu St. Petersburg.

(Avec une planche.)

(*Lu le 18 décembre 1884.*)

LIBRARY OF CONGRESS
NOV 20 1885
SMITHSONIAN DEPOS.

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mrk 50 Pf..

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 14.

ÜBER DEN
TUBERCULARIA PERSICINA, DITM.
GENANNTEN PILZ.

VON

Dr. Christoph Gobi,
Professor an der Kaiserlichen Universität zu St. Petersburg.

(Avec une planche.)

(*Lu le 18 décembre 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mrk. 50 Pf..

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mai, 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12).

INHALT.

Seite.

I. Einleitung. Vorkommen des Pilzes auf *Tussilago*-Pflanze..... 1
II. Entwickelungsgeschichtliches..... 2
III. Auffinden des Pilzes auf der Eberesche, etc..... 8
IV. Ueber die systematische Stellung des Pilzes..... 9
V. Vorhandene Literatur-Angaben..... 14
VI. Zusammenstellung der gegenwärtig bekannten Formen..... 17
VII. Ueber den Anschluss der Tremellini einerseits und der typischen Basidiomyceten andererseits an die Ustilagineen..... 20

Erklärung der Abbildungen..... 24

I. Einleitung. — Vorkommen des Pilzes auf *Tussilago*-Pflanzen.

Während meines Sommeraufenthaltes 1882 am Südufer des Finnischen Meerbusens, im Flecken Udrias, unweit *Merreküll* (etwa 15 Werst von *Narwa* entfernt) wurde meine Aufmerksamkeit unter anderm auf einen mir bis dahin unbekannten Pilz gelenkt; ich fand ihn auf den Blättern von *Tussilago farfara* L. endophytisch und in Gemeinschaft mit auf den Blättern dieser Pflanze vorkommenden Aecidien[1]) und Spermogonien[2]) lebend. Zudem fand ich ihn meistentheils in diesen Aecidien und Spermogonien schmarotzend (in deren verschiedenen Entwickelungsstadien) und dieselben allmählich vollständig zerstörend. Auch kam er unmittelbar im Gewebe des Blattes als Parasit vor, jedoch verhältnissmässig selten.

Obschon *Tussilago farfara* L. längs des genannten Ufers ziemlich oft und in grossen Mengen vorkommt, gelang es mir doch nur das Vorhandensein des erwähnten Pilzes auf einer Strecke von ungefähr 20 Faden und auf 2 — 3 benachbarten kleinern Stellen zu konstatiren. Alle von hieraus angestellten Bemühungen, den Pilz in grösserer oder geringerer Entfernung und nach verschiedenen Richtungen hin, wo *Tussilago* vorkam, zu finden, blieben stets erfolglos. Nach Petersburg zurückgekehrt, suchte ich ihn Ende August und Anfang September desselbem Jahres umsonst in der nächsten Umgebung der Stadt (z. B. Duderhof, obschon *Tussilago* hier in grossen Mengen wächst). Desgleichen konnte ich ihn in Finnland (Dorf Njü-Kirka), wo ich den Sommer 1883 verbrachte, nicht finden. Erst diesen Sommer glückte es mir ihm in *Ssiworitzi* (in der Umgebung von *Gatschino*) wieder zu begegnen, doch nur in sehr geringer Anzahl, im Ganzen nur auf 5 Blättern von *Tussilago*, obgleich diese Pflanze dort massenhaft wächst.

Die erwähnten Aecidien und Spermogonien auf *Tussilago* bemerkte ich schon Anfang Juni; die meisten derselben waren noch unentwickelt und nur einige begannen sich zu öffnen. Wie bekannt, lagern sie sich auf den Blättern in Gruppen; einer jeden derselben

1) u. 2) Welche Aecidien und Spermogonien, wie bekannt, dem Entwickelungskreise des Rostpilzes *Puccinia Poarum* Niels. angehören.

entspricht ein mehr oder minder runder blassgelber Fleck. Am $^{11}/_{23}$ Juli bemerkte ich, dass die Flecken eine zarte lila Farbe angenommen hatten (Fig. 1, 2). Die Untersuchung ergab, dass in den Aecidien (resp. Spermogonien) sich nicht Aecidiosporen (resp. «Spermatien») befanden, sondern eine Menge runder zart lila gefärbter Sporen, die den Sporen einiger Brandpilze ganz ähnlich waren, z. B. denen des *Ustilago Hydropiperis*[1]), bei welchem sie nur etwas grösser und intensiver gefärbt sind; und zwar erreichen die letzteren eine Grösse von 8 mm. im Durchmesser (bei runden Sporen) 500 Mal vergrössert (Ocular III, System V von Gundlach), die ersteren aber nur 6 mm.

Im Nachstehenden soll dargelegt werden, dass der Pilz, obgleich er in der Literatur[2]) schon unter dem Namen *Tubercularia persicina* Ditm. bekannt ist und gewöhnlich zur Gruppe der *Pyrenomyceten* zugezählt wird, er indessen zur Familie der Brandpilze (*Ustilagineae*) gerechnet werden muss, wo er aber eine besondere Gattung bildet.

II. Entwickelungsgeschichtliches.

Der Pilz kommt entweder auf allen Blättern eines *Tussilago*-Stockes vor, oder aber nur auf einigen desselben; zuweilen ist nur ein einziges Blatt damit inficirt, während alle anderen auch nicht die geringste Spur davon zeigen und ganz gesund sind. Ueberhaupt ist die Zahl der inficirten Blätter im Verhältniss zu der Gesammtzahl der Blätter eines Stockes sehr verschieden. In ebenso verschiedenem Grade inficirt erscheinen auch die einzelnen Blätter. Entweder findet man eine nur sehr geringe Anzahl Flecken in Form von runden Pusteln, oft nur einen einzigen; oder aber das ganze Blatt erscheint wie besäet damit. Auf Blättern von mittlerer Grösse zählt man oft bis 50 solcher Pusteln; jedoch findet man mitunter auf manchen Blättern eine noch viel grössere Anzahl. Die Lamina solcher Blätter erscheint dann kraus, etwa einem Kohl- oder Salatblatte ähnlich. Die Pusteln kommen fast ausschliesslich auf der Blattlamina allein vor. Unter der grossen Menge der von mir untersuchten Blätter fand ich im Ganzen nur zwei, bei denen je zu einer Pustel am Blattstiele vorhanden war (nicht weit vom herzförmigen Ausschnitte der Laminabasis). In Uebereinstimmung mit dem stärkeren Wachsthum des Blattstieles in die Länge waren auch die Pusteln länglich und mit der Axe des Stieles parallel laufend.

Alle Pusteln eines Blattes entwickeln sich gleichzeitig und sind ohne jegliche Ordnung auf demselben vertheilt. Sie befinden sich sowohl in der Mitte der Lamina als auch näher zum Rande hin, ja sogar ganz auf demselben (aber selten); zuweilen nur auf der einen Hälfte der Blattscheibe, während die andere ganz frei ist. Sie sind sowohl auf der Ober-, wie auch auf der Unterseite der Blattscheibe vorhanden, auf letzterer jedoch häufiger.

Die Pusteln selbst stellen flach gewölbte kaum über die Blattfläche sich erhebende

1) Winter. Die Pilze Deutschlands etc. (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora) Bd. I, S. 94.

2) Ein Verzeichniss der Literaturangaben über diesen Pilz führe ich weiterhin an.

Flecken dar, von zarter schwach violetter, oder richtiger, zarter lila Färbung. Auf dem Querdurchschnitte einer solchen Pustel bemerkt man, dass der ihr entsprechende Theil des Blattgewebes kein Chlorophyll enthält und mit einem farblosen Mycelium — dem vegetativen Theile des Pilzes — angefüllt ist, doch nur innerhalb der Grenzen der Pustel; ausserhalb derselben ist das Gewebe vollständig normal und enthält kein Mycelium; folglich entspricht der Pustel nur eine einzelne an Umfang sehr beschränkte Stelle des Blattes.

Das vegetative Mycel besteht aus feinen, farblosen, schwach septirten Hyphen, die beinahe all ihres Plasma beraubt sind, aber deutlich begrenzte Membran haben. Diese Hyphen sind unregelmässig verzweigt und durchdringen die Zellen des Blattparenchyms. Je näher sie der einen Oberfläche des Blattes liegen, desto mehr häufen sie sich aneinander, schliesslich ein Fadengeflecht bildend, welches zwischen den Zellen hindurch bis zum Epiderm vorrückt, ohne aber in dasselbe einzudringen. Hier unter dem Epiderm entstehen aus dem erwähnten Geflechte Zweige, welche sich senkrecht zum Epiderm erheben und dicht zusammenstehend einen Bündel bilden (Fig. 7). Diese Hyphenzweige sind zart und fein, von stark lichtbrechendem Plasma angefüllt (woher sie etwas weisslichgrau schimmernd erscheinen) und mit einer schwach angedeuteten Membran versehen, an der jedoch eine verlängerte schwach keulenförmige Gestalt deutlich wahrzunehmen ist. An den oberen Enden dieser Hyphen (also unmittelbar unter den Zellen des Epidermis) bilden sich die Sporen (Dauersporen). Jede derartige Hyphe ist folglich eine sporentragende, und demgemäss stellt das ganze Bündel derselben den reproduktiven Theil, oder kurz, den Fruchtträger des Pilzes dar. Es können mehrere solcher Fruchtträger in einer Pustel entstehen; zuweilen liegen sie so nahe aneinander, dass sie, sich mit den Rändern berührend, zusammenstossen können.

Sie bilden sich oft in den Aecidien (und Spermogonien) auf deren Kosten sie leben, wodurch sie deren weitere Entwickelung hemmen und sie allmählich vollständig zerstören (Fig. 2; 24—25). Dies lässt sich leicht wahrnehmen an Schnitten von Aecidien verschiedenen Alters, die im angegebenen Falle keine grellgelben Sporen, sondern statt dessen den Fruchtträger des Schmarotzers mit seinen lilagefärbten Sporen enthalten. An solchen Längsschnitten von Aecidien sieht man noch oft das Peridium der letzteren, welches aus charakteristischen dickwandigen polygonalen Zellen besteht.

Die Sporen bilden sich rasch und in grossen Mengen. Durch ihre Anhäufung drücken sie auf das Epiderm, welches sich dadurch etwas erhebt, und dessen Zellen im entsprechenden Theile sich schon etwas früher mit dem lilagefärbten Zellsaft füllen. Endlich platzt das Epiderm dem inneren Drucke nachgebend und die Sporen treten hervor; dabei bilden sie aber keine pulverige Masse, wie bei der Mehrzahl der typischen Ustilagineen, sondern erscheinen in eine glasshelle, zähflüssige Gallerte eingebettet. Bei den typischen Ustilagineen, bei denen eine derartige Gallerte bei der Sporenbildung in Folge des Aufquellens und der Vergallertung der Sporenhyphen-Membranen entsteht, verschwindet sie allmählich durch Austrocknen beim Reifen der Sporen, woher die letzteren eine pulverige Masse bilden. Ein

derartiges Sporenpulver kommt jedoch bei der Gattung *Entyloma* De-Bary[1]) nicht vor; und in dieser Hinsicht nähert sich der hier beschriebene Pilz dieser letztgenannten Gattung.

Die Sporen können keimen während sie noch in der erwähnten Gallerte eingebettet und dabei auch noch auf der Nährpflanze[2]) selbst sind. Da sie keine pulverige Massen bilden, so können sie folglich von ihrem Entstehungsorte weggeschafft werden nur entweder durch Abwaschen durch Regen- oder Thautropfen, oder aber durch Insekten, welche beim Herumkriechen auf den Blättern vielfach die Gelegenheit haben, sich dabei mit der genannten Gallerte zu beschmieren und so die darin befindlichen Sporen auf irgend eine andere Stelle desselben oder eines anderen Blattes zu übertragen. Nur dadurch scheint mir die Thatsache erklärlich, warum die Verbreitung sowohl dieses Pilzes, als auch der in dieser Hinsicht mit ihm vollkommen übereinstimmenden *Entyloma*-Formen, in der Natur als eine viel begrenzte erscheint im Vergleich zu den typischen Brandpilzen, deren pulverige Sporen leicht durch den Wind nach allen Richtungen hin verstreut werden können[3]).

Das detaillirte Untersuchen der Entstehungweise der Sporen erscheint hier sehr schwierig, da an den Schnitten des Fruchtkörpers die Sporen gewöhnlich schon von ihm abgefallen sind und in der erwähnten farblosen durchsichtigen Gallerte eingebettet liegen. Nichtsdestoweniger ist aber unzweifelhaft, dass sie ausschliesslich nur an den oberen Enden der Fruchthyphen gebildet werden (Fig. 7 — 11) durch dicht aneinander stossende Anschwellungen (ohne irgend welche Interstitien zwischen denselben), deren Membran sich verdickt ohne sich dabei zu vergallerten[4]), (wie bei anderen typischen Ustilagineen z. B. *Ustilago*[5]), *Sorosporium*[6]), *Tilletia*[7]), *Urocystis*[8]), und schliesslich sich lila färbt.

Aus dem Umstande, dass die Sporen in der erwähnten Gallerte nicht nur einzeln, sondern auch zu zweien (Fig. 12, 16) und mehr verbunden liegen, in Form kurzer perlschnurartiger Ketten (Fig. 9—11), die oft schwach verzweigt erscheinen (Fig. 10—11) (dabei aber leicht in kleine Gruppen, oder auch in einzelne Sporen zerfallen), ist anzunehmen, dass auch die Enden der Fruchthyphen selbst schwach verzweigt sind[9]).

An einigen solchen perlschnurartigen Ketten sah ich, dass zwischen je zwei angren-

---

1) Vergl. Winter, Die Pilze Deutschlands etc. (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora) Bd. I, S. 80 u. 111.

2) Dieselbe Erscheinung, wie bekannt, kommt manchmal auch bei den *Entyloma*-Sporen vor. (Vergl. Winter, l. c. S. 111).

3) Dieser Pilz kommt in der Natur noch seltener vor, als die *Entyloma*-Arten.

4) Eine derartige Sporenentwickelung ohne vorherige Vergallertung der Membranen wird von Winter für *Schroeteria* (*Geminella*) *Delastrina* (Tul.) angegeben: «allmählich verdickt sich die Membran sehr merklich und «zeigt doppelte Contouren, wird jedoch in keinem «Stadium der Sporenentwickelung gallertartig! Hierdurch unterscheidet sich *Geminella* sehr we«sentlich von allen anderen *Ustilagineen*, bei denen der «Sporenbildung stets ein Gallertigwerden der gesammten «Masse vorausgeht». (Winter, Einige Notizen über die Familie der Ustilagineen, in Flora, 1876, S. 148).

5)—8) Vergl. unter ander. Winter, Die Pilze Deutschlands etc. (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora) 1884, S. 84, 102, 107, 118.

9) Dass es in der That so ist, davon überzeugte ich mich an einigen Präparaten eines ähnlichen auf *Clematis*-Blättern schmarotzenden Pilzes, die mir freundlichst von H. M. Woronin zur genauern Ansicht gegeben wurden. Die Präparate stellten die Längsschnitte durch die Fruchtkörper des Pilzes dar, welche ihrem Baue nach vollkommen mit den Fruchtbündeln des *Tussilago*-Schmarotzers übereinstimmten. An einigen derartiger Bündel, die vom Schnitte etwas zerzupft waren, befanden sich nun abgerissene Enden der Fruchthyphen, welche schon in kurze Zellchen quer getheilt und dabei auch schwach

zenden Anschwellungen (resp. Sporen), also in den Einschnürungen zwischen denselben, noch keine Querwand vorhanden war, so dass der Inhalt der einen Anschwellung sich mit dem Inhalte der nächsten Anschwellung, und dieser wieder mit der nächstfolgenden und s. f. in einer unmittelbaren Verbindung befand.

Dieser Fall im Zusammenhange mit dem vorhererwähnten zeigt nun, dass die Entstehung der Sporen aus den Fruchthyphen hier nicht davon abhängt, ob die Pilzhyphen schon früher mit Querscheidewänden versehen sind oder nicht: die Sporen können also durch torulöse Anschwellungen und Verdickung der Hyphenmembranen entstehen ohne dass die Hyphen sich vorher durch Querwände in Zellen gefächert haben.

Ausserdem bemerkte ich noch folgende Modification in der Entstehungsweise der Sporen. Es wurde schon erwähnt, dass die letzteren an den Schnitten der Fruchtkörper sich gewöhnlich von demselben leicht ablösen, nicht nur einzeln, sondern auch gruppenweise, sehr oft zu zwei beisammen. An solchen abgefallenen Zellen (= Sporen)-paaren ist oft zu bemerken, dass ein solches Paar von einer gemeinsamen Membran umgeben ist (Fig. 12), was übrigens manchmal noch an Sporenketten wahrzunehmen ist (Fig. 9). Es ist nun klar, dass in derartigen Fällen ein jedes Zellenpaar aus einer Zelle durch das sogenannte Einschachtelungssystem der Zellbildung hervorgeht.

Die Sporen sind meistentheils rund oder oval, doch kommen unter ihnen auch birnförmige vor (Fig. 9—11 und 13—18). Die Grösse derselben ist im Ganzen eine sehr geringe, bis zu 6 mm. im Durchschnitt. Die Membran ist ziemlich dick, derb und vollständig glatt; bei einzelnen Sporen ist sie zart lila gefärbt; in der Masse erscheint die Farbe natürlich viel intensiver. Sehr oft sieht man durch die Membran der Sporen einen ungefähr centralgelegenen runden Fleck durchscheinen, welcher an ein eben solches Gebilde der Teleutosporen der Rostpilze (Uredineae) erinnert; er repräsentirt den eigentlichen Inhalt der Spore und besteht aus körnigem, fettreichem Plasma.

Das Keimen der Sporen ging im Sommer bei gewöhnlicher Zimmertemperatur in schwacher Zuckerlösung unter einem Objectgläschen sehr leicht vor sich (Fig. 13—18). Sie entwickelten einen zarten röhrenförmigen Keimschlauch, der zuerst durch eine Ausstülpung des Endosporiums entsteht, welche durch einen kleinen runden im Endosporium vorhandenen Porus nach aussen dringt und sich allmählich zu einem leicht wellenförmigen Keimfaden entwickelt; in letzterem treten bald sehr zarte Quersepta auf in ungefähr gleich grossen Zwischenräumen von einander (Fig. 14—17). Gewöhnlich keimen nur einzeln liegende Sporen; jedoch kommt es auch vor, dass die Spore einen Keimschlauch entwickelt indem sie noch mit einer andern Spore verbunden bleibt (Fig. 16)[1]). Bisweilen verzweigt sich der Keimschlauch schon von Anfang an gabelförmig (Fig. 18)[2]).

---

verzweigt waren; diese Zweiglein bestanden oft nur aus einer etwas angeschwollenen Zelle, die die Spore (Dauerspore) repräsentirte.

1) Bei den Brandpilzen, deren Sporen sich leicht von einander lösen, wird ein derartiger Fall von H. M. Woronin für *Entyloma Aschersonii* abgebildet auf Taf. IV, Fig. 12 seiner Monographie über die Ustilagineen. (1882.

2) Eine solche Verzweigung des Keimschlauchs wird

Die Enden solcher fadenförmiger Keimlinge (welche letztere man bekanntlich «Promycelien» nennt), nehmen nicht selten die Form einer Spindel an (Fig. 19), schnüren sich als mehr oder minder längliche Zellen ab — Sporidien oder Konidien, nach der jetzigen Terminologie (Fig. 20). Ein ganz ähnliches Keimen findet auch in der Natur statt, d. h. in der obenerwähnten Gallerte, auf der Nährpflanze selbst.

An den beschriebenen Fruchtträgern findet die Sporenbildung überhaupt nur bei feuchtem Wetter, oder an schattigen verhältnissmässig feuchten Orten statt. Bei trockenem, heissem Wetter aber nimmt die Entwickelung des Fruchtträgers einen ganz anderen Gang an, und zwar werden an demselben keine Sporen gebildet, sondern die Fruchthyphen zergliedern sich durch Querwände in sehr kurze Zellen, die, ohne anzuschwellen, ihre Membran stark verdicken und lila färben. Diese Veränderung geschieht nicht in allen Zellen gleichzeitig, sondern schreitet allmählich von der Peripherie zum Centrum des Fruchtträgers, also centripetal vor. Die Fruchtträger erscheinen dabei zuerst wie aus einer äussern dichten dunkel-violettfarbigen Rinde bestehend, von parenchymatischem Baue, welche jedoch ganz allmählich in das innere weiche weissgraue Mark übergeht, an welch' letzterem noch der ursprüngliche Bau des Fruchtträgers erkennbar ist, d. h. man sieht noch die central gelegenen und nach einer Richtung hin verlaufenden Hyphenfäden des ursprünglichen Fruchtbündels. Bei weiterer Entwicklung schreitet die Rindenbildung immer mehr und mehr nach innen vor auf Kosten des Markes, bis letzteres endlich ganz verschwindet. Auf diese Weise entsteht nun an Stelle des ursprünglich weichen, farblosen Fruchtträgers, ein fester Körper von pseudoparenchymatischem Baue (Fig. 5—6), welcher aus dicht aneinander stossenden septirten Fruchthyphen gebildet wird, deren Zellen ihre Membranen verdicken, sie violett färben und miteinander in lückenloser Verbindung stehen. Kurz, der ganze fruchtbildende Theil des Pilzes geht in ein Ruhestadium über und stellt ein sogenanntes *Sclerotium* dar (Fig. 2—4).

Bei trocknem Wetter werden alle Fruchtträger zu solchen Sclerotien, die ungeachtet ihrer geringen Grösse dennoch dem blossen Auge sichtbar sind. Die grössten unter ihnen erreichen die Grösse eines gewöhnlichen Zündhölzchenköpfchens. Ein vollständig entwickeltes Sclerotium sieht wie ein halbsphaerisches Höckerchen oder ein Knöllchen, wie ein kleiner Pfosten oder Stumpf aus; nicht selten ist es an der Basis verschmälert, während das obere Ende in einen Knopf ausläuft (Fig. 4). Derartige Bildungen erinnern der Form nach an kleine Basidiomyceten, z. B. an *Ditiola radicata*, *Naematelia rubiformis* Fr. aus der Fam. der *Tremellini*, oder sogar an viele *Pistillaria* aus der Fam. der *Clavarieen*[1]).

Ein vollständig formirtes Sclerotium fällt gewöhnlich von seinem Substrat ab. Sehr oft jedoch, bei feuchtem Wetter und während es sich dann noch auf dem nährenden Blatte

---

von M. Woronin als charakteristisch für den Brandpilz, *Melanotaenium endogenum* De-Bary angegeben. (Woronin, l. c. S. 27, Taf. IV, Fig. 30, 31).

1) Vergl. z. B. die Abbildungen bei Winter, Die Pilze Deutschlands etc. (Rabenhorst's Kryptog.-Flora). Bd. I. S. 272, 273.

befindet, beginnt es von Neuem eine weitere Entwickelung. Dabei sendet jede an der Oberfläche liegende Zelle einen röhrenförmigen Keimschlauch aus, der durch fortschreitendes Spitzenwachsthum sich verlängert, stark verzweigt und durch Scheidewände septirt (Fig. 21). Je näher den Enden der verzweigten Hyphen die Zellen liegen, desto dünner wird ihre Membran, welche dabei immer schwächer gefärbt erscheint, nämlich Anfangs blassrosa und späterhin ganz farblos wird (Fig. 22). Die Enden der Zweige werden auch hier spindelförmig wie bei den aus gewöhnlichen Sporen entstandenen Keimlingen, und schnüren sich in Form von mehr oder weniger länglichen Zellen ab (Konidien) (Fig. 23). Uebrigens ist die Form und Grösse dieser Konidien sehr variirend; die Breite kann 2—10 (auch mehr) Mal in der Länge enthalten sein, so dass sie die Form von entweder sehr kurzen oder stark verlängerten Stäbchen haben (Fig. 23), welche gewöhnlich spindelförmig, zuweilen aber auch keulen- oder birnförmig sind. Es kommt vor, dass die spindelförmigen Stäbchen etwas verbogen sind und zu den Spitzen hin sich verschmälern, so dass sie einer Sichel ähnlich sehen (Fig. *23 b* und *d* — Profil-Ansicht). Nicht selten werden sie durch eine, zwei selbst drei Querscheidewände septirt (Fig. 23)[1]) und diesen Septa entsprechen oft von aussen leichte Einschnürungen.

Auf diese Weise erscheint das ganze keimende Sclerotium wie von einem zart rosa Spinngewebe umhüllt, das sich am freien Ende, d. h. von der Peripherie aus immer weiter entwickelt; ausserdem hat dieses Gewebe einen weissen pulverartigen Anflug, der aus der Masse der erwähnten Konidien gebildet ist. Die beschriebene Keimung des Sclerotiums, die, wie erwähnt, gewöhnlich bei feuchtem Wetter stattfindet, kann auch im Zimmer leicht zu Wege gebracht werden. Man braucht nur die auf einem *Tussilago*-Blatte befindlichen Sclerotien mit einigen frischen Blättern zu bedecken; etwa in zwei Tagen ist das feine Gewebe vorhanden[2]).

---

1) Eine derartige Fächerung der Konidien führt Woronin auch für einige *Entyloma*-Arten an (Woronin, l. c. S. 26).

2) Einen hiermit vergleichbaren und homologen Fall stellt wohl der neuerdings von Ed. Fischer untersuchte Gasteromycet *Sphaerobolus stellatus*, dar (Bot. Zeit. 1884. №№ 28—31). Das zur Reife-Zeit ausgeschleuderte «Sporangium» (Gleba) dieses Pilzes besteht aus einer schleimigen Masse (Desorganisationsprodukt der Glebahyphen), in welcher ausser den gewöhnlichen Basidiosporen noch zweierlei anders gestaltete Gebilde eingebettet liegen, nämlich: nicht keimfähige Cystiden (Schleimzellen) und keimfähige «Gemmen»; diese letzteren bestehen entweder aus einzelnen kurz cylindrischen Zellen oder aber aus einigen wenigen reihenweise verbundenen derartigen Zellen (sie dürften mithin als nur anders gestaltete, aber keimfähige Sporen angesehen werden).

Kommt ein «Sporangium» auf günstiges Nährsubstrat, so treten auf seiner ganzen Oberfläche sofort zahlreiche zarte Keimfäden hervor, welche ihn nach ungefähr ein Paar Tagen wie mit einem feinen weissen Filzüberzuge umspinnen. An solch einem heranwachsenden Mycel bilden sich später, nach einigen Wochen, neue Fruchtkörper. Die Keimung der «Sporangien» erfolgt überhaupt überall da, wo genügende Feuchtigkeit vorhanden ist.

In trockner Umgebung trocknet das «Sporangium zu einem festen harten Körper, der sich Monate lang lebensfähig erhalten kann, nach Wiederbefeuchtung aber quillt und die gleichen Keimungserscheinungen wie ein frisch ejaculirtes Exemplar zeigt». (De-Bary, Vergl. Morph. u. Biol. d. Pilze, 1884, S. 355). Es sei noch bemerkt, dass das beim Auskeimen der «Sporangien» heranwachsende Mycel, resp. Keimschläuche, soweit Fischer's Untersuchung zeigt, den erwähnten «Gemmen» und nicht den Basidiosporen zuzuschreiben ist.

Alle diese interessanten Erscheinungen erinnern wohl im Grossen sehr an diejenigen des von mir beschriebenen Pilzes. In beiden Fällen sind die keimungsfähigen Ele-

Es ergiebt sich also aus dem Gesagten, dass jede Zelle des Sclerotiums einen ebensolchen Keimschlauch wie die Sporen der gewöhnlichen Fruchtträger bildet. Das Sclerotium ist also dem letzteren gleichbedeutend: was aus den Sporen des Fruchtträgers bei normalen Verhältnissen seines Daseins entsteht, dasselbe geht auch hervor aus dessen Dauerstadium sobald dieselben Verhältnisse wiederkehren. Der ganze Unterschied zwischen dem gewöhnlichen Fruchtträger und seinem sclerotischem Zustande besteht nur darin, dass in letzterem Falle die Fruchthyphen in ihrer ganzen Ausdehnung sich in Zellen umbilden, die denjenigen Dauersporen vollkommen gleichwerthig sind, welche nur an den Enden der Hyphen des gewöhnlichen Fruchtträgers gebildet werden.

III. Auffinden des Pilzes auf der Eberesche, etc.

Einen dem obenbeschriebenen ähnlichen Pilz fand ich auch auf Blättern der Eberesche (*Sorbus Aucuparia*), aber nur auf jungen Exemplaren von etwa $1^1/_2$ — 2 Ellen Höhe[1]). Er ist auch hier violett gefärbt, nur sind die Sclerotien so klein, dass sie dem unbewaffneten Auge wie schwarze Punkte erscheinen und daher leicht übersehen werden können; soweit mir bekannt, so ist er bisher noch von Niemandem auf der Eberesche gefunden worden. Ich fand ihn zufällig beim Betrachten unentwickelter Aecidien (*Roestelia cornuta* Ehrh.) des Rostpilzes *Gymnosporangium juniperinum* (L.) = *conicum* (DC.) auf der Eberesche. Die Untersuchung ergab, dass auch hier die Entwickelung der letzteren durch diesen in ihnen nistenden, dem auf *Tussilago* vorkommenden vollkommen ähnlichen Pilz gestört war (Fig. 24, 25). Doch scheint der Pilz auf der Eberesche noch seltener vorzukommen, als jener auf *Tussilago*. Ich fand ihn nur auf einer kleinen Strecke in einem schattigen Gehölze, das weit von der Stelle entfernt war, wo der Pilz auf *Tussilago* wuchs. Im Gehölze selbst wie auch in der Nachbarschaft kam *Tussilago* nicht vor. In diesem Jahre habe ich den Pilz wieder auf der Eberesche in Ssiworitzi (in der Umgebung von Gatschino) gefunden, aber auch nur auf sehr jungen, kleinen Bäumchen von der vorher angegebenen Grösse und in noch unbedeutenderer Menge als das erste Mal, obschon die Eberesche in Ssiworitzi sehr verbreitet ist. Ausserdem fand ich denselben Pilz am letztgenannten Orte auf einem Blatte von *Paris quadrifolia* und auf *Cirsium oleraceum;* und zwar auf der letzteren Pflanze in den Aecidien (der *Pucciniae compositarum* Schlecht.), während auf *Paris* — im Blattgewebe selbst: von Aecidien war hier auch keine Spur vorhanden.

---

mente der Fruchtkörper in einen Schleim eingebettet (dessen Entstehung in beiden Fällen wohl eine sehr ähnliche sein dürfte) wo sie auch zum Auskeimen gelangen und ein feines vielverflochtenes Mycel bilden. Beim Austrocknen gehen die Fruchtkörper der beiden Pilze in ein Ruhestadium über, weisen aber nach Wiederbefeuchtung sofort die gleichen Keimungserscheinungen auf. Nur ist bei *Sphaerobolus* keine Konidienbildung am Mycel beobachtet und es wird auch nicht angegeben, dass beim Austrocknen seiner Fruchtkörper deren geformte Bestandtheile sich irgend wie morphologisch modificirt hätten. (Vergl. die Anmerkung am Schlusse vorliegender Abhandlung).

1) Auf grösseren Bäumen konnte ich ihn trotz allen Suchens nicht finden.

IV. Die systematische Stellung des Pilzes.

So lückenhaft die obenangeführten entwickelungsgeschichtlichen Ergebnisse auch sind, berechtigen sie dennoch den Schluss zu ziehen, dass der Pilz, von dem bis dahin keine entwickelungsgeschichtliche Data vorlagen, zu den *Ustilagineen* gehört, und sich von ihnen nur durch einige Nebenmomente unterscheidet. Grosse Aehnlichkeit weist er mit der Gattung *Entyloma* auf: gleich dieser parasitirt er in den Blättern höherer Pflanzen, nur dass er sehr oft die auf denselben vorkommenden Konidienbehälter (Aecidien und Spermogonien) verschiedener Rostpilze befällt; gleich *Entyloma* beschränkt er sich in Bezug auf die Infection nur auf kleine circumscripte Blattstellen, also nur lokale Ansteckung hervorbringend, und verbreitet sich nie, wie die meisten Brandpilze (*Tilletia Caries*, *Urocystis occulta*, *Ustilago Carbo*, *Tuburcinia Trientalis* etc.) über die ganze Pflanze. Andererseits unterscheidet er sich von *Entyloma* dadurch, dass er zur Zeit der Frucht- resp. Sporenbildung ein reproduktives Mycelium entwickelt, welches immer nur an gewissen Stellen des Blattes zu Fruchtträgern wird und zwar unter der Epiderm (oder in den hier befindlichen Konidialbehältern der Rostpilze). Durch derartige Differenzirung seines Körpers erinnert er an die typischen Brandpilze, bei denen der reproduktive Theil sich immer nur an bestimmten Stellen der nährenden Pflanze entwickelt, z. B. nur im Blüthenstand, oder im Germen, oder in den Antheren etc. Was die Sporenbildung des Pilzes anbetrifft, so scheint es im ersten Augenblick, als würde er sich in dieser Hinsicht von den bis jetzt untersuchten Ustilagineen unterscheiden. Wenn man aber die bis jetzt bekannten Fälle der Sporenbildung verschiedener Repräsentanten der Brandpilze zusammenstellt, so findet man eine ganze Reihe von Uebergängen zu dem, was beim beschriebenen Pilze vorkommt. In der That bilden sich die Sporen in den meisten Fällen durch blosses Anschwellen der Fruchthyphen, wobei jede Anschwellung eine derbe Membran enthält. Bei *Entyloma* (*E. Ungerianum* und *E. Calendulae*) bilden sich solche Anschwellungen, nach De-Bary, immer intercalar[1]), wobei oft zwischen zwei Anschwellungen ein Interstitialstück frei bleibt.

Bei den genannten *Entyloma*-Arten ist es De-Bary nicht gelungen diejenige Sporenentwickelung an den Enden der Fruchthyphen zu verfolgen, die bei gewissen Brandpilzen vorkommt, z. B. bei *Tilletia Caries*[2]). Jedoch bei der unlängst von Magnus neu beschriebenen Art, *Entyloma Heliosciadii* Magn.[3]) «werden die Sporen, wie bei allen Entyloma-Arten, am Mycel meist intercalar gebildet, meist zu mehreren hintereinander[4]), seltener einzeln oder am Faden durch lange Zwischenstücke von einander getrennt. Häufig bildet sich auch am Ende der Mycelfäden eine Reihe von Sporen[5])».

1) Vergl. De-Bary in Bot. Zeit. 1874, S. 82, 105. Dieselbe Erscheinung ist nach demselben Autor auch der *Entyl. Eryngii* eigen.

2) Tulasne. Ann. d. sc. natur. 3 sér. Bot. t. VII, S. 29—30; 112. — Fischer v. Waldheim. Pringsh. Jahrb. Bd. VII, S. 85; Taf. IX.

3) Magnus, in Hedwigia, 1882, № 9.

4) l. c. fig. 1.

5) l. c. fig. 2 u. 3.

So sehen wir denn, dass die Stelle der Sporenbildung sehr unconstant ist und sich oft an den Enden der Hyphen, so zu sagen, concentriren kann, wodurch perlschnurartige Reihen gebildet werden (Magnus, l. c. Fig. 2, 3).

Was bei *Entyloma* noch nicht ganz festgeregelt erscheint und oft nur in einzelnen Fällen vorkommt (*E. Heliosciadii*), tritt bei unserm Pilze als eine constante Erscheinung auf. Die Sporen werden hier immer durch die oberen Enden der Hyphen gebildet und zwar immer nebeneinander (d. h. ohne Zwischenräume) in Folge dessen perlschnurartige Reihen entstehen, die aber bei der Reife leicht in einzelne Gliederzellen (resp. Sporen) zerfallen, was übrigens auch bei den anderen Pilzen der Fall ist. Dass die reifen Sporen unseres Pilzes keine pulverige Masse bilden (worin er wieder mit *Entyloma* übereinstimmt), sondern in einer Gallerte eingebettet sind, ist schon früher erwähnt worden.

Gehen wir nun zum Vergleich anderer Entwickelungsstadien über.

Dem Anfangsstadium des Keimens der sogenannten Dauersporen der Brandpilze schreibt man gewöhnlich eine grosse Bedeutung zu, und unterscheidet sie scharf unter dem Namen «Promycelium» von dem gewöhnlichen vegetativen Stadium dieser Pilze, d. h. vom Mycelium. Untersuchen wir in wiefern diese Ansicht begründet ist.

Als charakteristisch für die Promycelien, die vor der Veröffentlichung der Arbeit von M. Woronin über die Brandpilze[1]) für sehr kurz galten, wurde die Bildung der Sporidien betrachtet, aus welchen nach ihrem Abfall neue Mycelien entstehen konnten.

Das Promycelium, das im Anfang aus einer länglichen Zelle besteht, theilt sich durch Querwände in eine kleine Anzahl (3—4) Gliederzellen, die seitwärts einzellige Sprösschen aussenden. Diese Sprösschen fallen entweder als Sporidien ab, oder ein jedes von ihnen wird zu einem Seitenzweig. Beide Fälle bemerkt man an *Ustilago Carbo*, nicht selten auch auf ein und demselben Promycelium[2]). Ausserdem kann bei diesem Pilze das querzertheilte Promycelium einfach in seine Gliederzellen zerfallen, die auch in diesem Falle Sporidien genannt werden. Bei anderen Ustilagineen (wie z. B. *Urocystis occulta*, *Tilletia Caries* etc.) theilt sich das kurze Promycel nicht und verzweigt sich an der Spitze in einen Bündel einzelliger, länglicher Zweige, die durch eine Scheidewand vom Promycel getrennt sind; diese bündelförmigen Zweige des Promycels nennt man auch Sporidien. Bei *Tilletia* vereinigen sich zwei derartige Zweiglein mit einander, während sie sich noch am Promycel befinden; dies wird als Copulation gedeutet[3]). Solche copulirende Sporidien fallen ab und können aus einem gewissen Theile ihres Körpers einen neuen röhrenförmigen Keimling (Mycelium) hervorbringen. Bei der *Urocystis occulta* ist eine solche Copulation ähnlich entstandener Sporidien sehr selten und das Keimen der letzteren geschieht auch ohne dieselbe[4]).

Das Keimen mit Copulation der Primärzweige des Promyceliums, wie sie bei *Tilletia*

1) Woronin. Beiträge zur Kenntniss der Ustilagineen. 1882.

2) Wolff. Der Brand des Getreides. Halle; 1874. S. 7.

3) De-Bary. Beiträge zur Morphologie der Pilze. IV Reihe. S. 126—127.

4) Wolff, l. c. S. 17. — Vergl. auch: Winter, Die Pilze Deutschlands etc. (Rabenhorst's Kryptog.-Flora) Bd. X, S. 84 u. 118.

entstehen, kommt auch bei einigen *Entyloma*-Arten vor, z. B. bei *E. Ungerianum* D. By, (= *Protomyces microsporus* Ungr.)[1]), während andere *Entyloma*-Arten keine derartige Copulation aufweisen, z. B. *E. Aschersonii* und *E. Magnusii*[2]). Zudem wird das Promycelium bei den beiden letztgenannten Arten verhältnissmäsisg sehr lang (Woronin, l. c.); auf demselben bilden sich nun die länglichen Zellen in Form von Seitenzweigen, die nie miteinander copuliren.

Endlich, hat Woronin auch bei *Thecaphora hyalina*[3]) keine Sporidien gefunden; statt ihrer entwickeln sich nur zarte Zweige. Dasselbe führt er auch für *Sorosporium Saponariae* an, bei welcher der Keimling zudem noch sehr lang, vielgegliedert und einfach oder auch unregelmässig verzweigt erscheint[4]).

Aus den eben zusammengestellten Data ergiebt sich nun:

1) Dass das sogenannte Promycelium eine bedeutende Länge ereichen und sich verzweigen kann; dass es also dem gewöhnlichen Mycelium gleich steht und sich hauptsächlich nur dadurch unterscheidet, dass es ausserhalb der Nährpflanze gebildet wird.
2) Dass die sogenannten Sporidien nichts anders, als die vegetativen Zellen des Promyceliums (= Myceliums) sind; sie können sich von demselben abgliedern ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüssen. Im Falle ihrer Abschnürung sind sie den Konidien, die sich an den gewöhnlichen Mycelien bei *Entyloma* und *Tuburcinia* bilden, vollständig homolog (ihrer Entstehung, physiologischen Rolle und sogar der Form nach), welcher Umstand von Neuem beweist, dass das Mycelium und Promycelium der Brandpilze gleichbedeutende Bildungen sind.
3) Dass die Copulation der genannten Sporidien auch nicht stattzufinden braucht[5]).

Aus allen diesen Data folgt unter anderem, dass im ganzen Entwickelungskreislaufe der Brandpilze das Hauptgewicht nicht auf die Erzeugung eines Promycels und der Konidien beizulegen ist, wie man es gewöhnlich anzunehmen pflegt, sondern auf die Erzeugung der Dauersporen, welche immer bei allen Ustilagineen vorkommen und das Reife-Stadium dieser Pilze bezeichnen. Die Mannigfaltigkeit der Ustilagines äusserst sich nun vor allem hauptsächlich dadurch, wie und wo diese Dauersporen gebildet werden, oder mit andern Worten, sie äussert sich in der Entwickelung des Fruchtkörpers, in dessen verschiedener Differenzirung u. s. w. Was aber die Erzeugung eines Promycels und der Konidien (resp. Sporidien) anbetrifft so sind das obschon häufig vorkommende, dennoch nur untergeordnete Nebenerscheinungen, welche nur in einem gewissen Grade so oder anders den Hauptentwickelungsgang modificiren, ihn aber keineswegs abschliessen: ein vollständiger Abschluss im ganzen Entwickelungscyclus dieser Pilze wird nur durch die Erzeugung der Dauersporen (= resp. Fruchtkörper), die das wahre Reife-Stadium dieser Pilze repräsentiren, erreicht.

1) De-Bary. Bot. Zeit. 1874, S. 89, Taf. II, Fig. 6—9.
2) Woronin. Beitr. zur Morphol. d. Pilze. V Reihe. 1882, S. 25 u. 29—30.
3) Woronin, l. c. S. 22 u. 29.
4) Id. l. c. S. 18, 19, 20.
5) Und nichts destoweniger kann ein ganz normal entwickeltes Mycelium erhalten werden, wie das durch Kühn für *Ustilago Maydis* bewiesen ist.

In den Fällen nun, wenn die genannten Sporidien «copuliren», ist diese Erscheinung nur eine einfache Verschmelzung der gewöhnlichen vegetativen Zellen, welche auch bei vielen anderen Hyphomyceten stattfindet.

Diese Copulation aber als Geschlechtsakt aufzufassen wäre nicht zutreffend, nicht wie Brefeld[1]) gefunden und annimmt, weil diese Erscheinung in vielen Fällen nur dann vorkommt, wenn dass Nährsubstrat erschöpft ist, also, mit anderen Worten, bei Mangel an Nahrung — (dies würde im Gegentheil eher für die Deutung dieser Erscheinung als Geschlechtsakt sprechen), — sondern weil im ganzen Entwickelungsgange der Ustilagineen die «Copulation» durchaus nicht an dem Orte auftritt, an welchem sie im Vergleich mit den nächsten Vorgängern der Brandpilze stattfinden muss, als welche man wohl, mit De-Bary[2]), den *Protomyces macrosporus*, als einen, der Gattung *Entyloma* (der niedrigsten unter allen Ustilagineen) zunächststehenden Pilz, annehmen darf, und weiter abwärts — *Cladochytrium*, bei dem die Dauersporen an Mycelien ungeschlechtlich gebildet werden. Bei der dem *Cladochytrium* nächstverwandten Gattung *Polyphagus* kommt jedoch ausser einer ähnlichen Bildung ungeschechtlich erzeugter Sporen, auch noch die Bildung der ihnen vollkommen gleichwerthigen Zygosporen (also geschlechtlicher Bildungen) hinzu, und zwar an einem den ungeschlechtlich erzeugten Sporen entsprechendem Orte[3]). Dasselbe findet auch statt in der den Ustilagineen verwandten und mit ihnen parallel laufenden Reihe, nämlich in der Fam. der *Entomophtoreae;* auch hier wird das Reife-Stadium durch die Bildung der Dauersporen entweder auf dem Geschlechtswege (Zygosporen-Bildung), oder aber geschlechtlos (sogen. Azygosporen etc.) charakterisirt; diese sowohl wie auch jene entwickeln unmittelbar neue Mycelien[4]). Wenn also bei den Brandpilzen ein Geschlechtsakt überhaupt vorhanden wäre, so müsste er, wie dies einerseits die nächsten ihrer Vorgänger, andererseits aber die mit den ersteren parallel laufenden Formen aufweisen, unmittelbar vor der Sporenbidung und keineswegs nach derselben stattfinden.

Wenn man alles von dem Entwickelungsgange der Brandpilze Gesagte auf den hier beschriebenen *Tussilago*-Schmarotzer bezieht, kann es nicht entgehen, dass er ihnen in dieser Hinsicht ganz gleich kommt. Bei der Sporenkeimung bildet sich auch hier aus dem Endosporium der keimenden Spore ein Promycelium[5]), welches hier ganz wie dort soge-

1) Brefeld, Schimmelpilze. Heft V (Die Brandpilze), S. 14—15 und 172—173.

2) Vergl. De-Bary, Beitr. zur Morphol. u. Phys. d. Pilze, IV Reihe, 1881, S. 127. — Fisch. Beiträge zur Kenntniss der Chytridiaceen. 1884, S. 39—41.

3) Vergl. Nowakowski. Polyphagus Euglenae (Cohn's Beitr. zur Biol. Bd. II, 1876, S. 201; und polnisch in «Pamietnik Akad. Umiej. w Krakowze». Wydz. III, t. IV, 1878).

4) Vergl. die hierauf bezüglichen Arbeiten von Nowakowski und Brefeld.

5) Diese Entwickelungsart des jungen Keimschlauchs aus dem Endosporium der keimenden Spore ist charakteristisch für alle echten oder, wenn man sich so ausdrücken darf, für alle typischen Sporen (Dauersporen) der Brandpilze, und unterscheidet sie scharf von den Konidien (= Sporidien), die einfach durch Ausdehnung ihrer Membran zu Keimschläuchen auskeimen.

nannte Sporidien (resp. Konidien) durch Abschnüren der Endzellen erzeugt. Eine solche Entwickelung des Promyceliums nebst Sporidien ist aber, wie früher bemerkt, auch den Zellen des Sclerotiums eigen, die folglich mit den Sporen identisch sind. In letzterem Falle erscheinen aber die «Promycelien» als reichverzweigte Mycelien, die sich nur dadurch von den gewöhnlichen Mycelien unterscheiden, dass sie sich nicht im Innern der Nährpflanze, sondern auf, oder selbst ganz ausserhalb derselben entwickeln, also nicht als parasitäre, sondern als saprophyt-lebende Mycelien auftreten[1]).

Indem also der beschriebene Pilz im Baue der Sporen (theilweise auch in der Grösse derselben) in der Art des Keimens u. s. w. den Brandpilzen gleich steht, unterscheidet er sich von ihnen nur durch die angegebene Differenzirung seines Fruchtträgers, so wie dadurch, dass derselbe zu einem Sclerotium werden kann; dies sind aber solche Merkmale, die nur dazu genügen um eine neue Ustilagineen-Gattung aufzustellen, die ich aus weiter unten angeführten Gründen *Cordalia* nenne.

Zu Allem was von der Zugehörigkeit der *Cordalia*[2]) zu den Ustilagineen bereits gesagt worden ist, soll hier noch Folgendes hinzugefügt werden.

Auf Grund der rein äusserlichen Aehnlichkeit könnte man den Pilz, bei oberflächlicher Betrachtung, zu den *Pyrenomyceten* zuzählen, zu denen er auch, wie schon erwähnt, in der That gerechnet wird. Wenn dem aber wirklich so wäre, so könnte sein Fruchtträger höchstens nur mit dem konidientragenden Stroma der Pyrenomyceten verglichen werden, da von einem Vergleich mit den Perithecien oder Pycniden, die immer mit einem Peridium versehen sind, auch nicht die Rede sein kann. Die Konidien derartiger Stroma haben aber einen andern Bau und eine andere Entwickelungsart, als die sogenannten Dauersporen der Ustilagineen, mit denen der beschriebene Pilz darin vollständig übereinstimmt. Ausser den genannten Sporen bemerkt man aber bei *Cordalia*, wie hervorgehoben, auch noch Konidienbildung (= Sporidien), wie sie bei den meisten Ustilagines vorkommt. Folglich, kann der *Cordalia*-Fruchtträger keinesfalls als mit dem konidientragenden Stroma der Pyrenomyceten gleich bedeutend angesehen werden, und damit wäre die Frage von der möglichen Zugehörigkeit des Pilzes zu der genannten Gruppe erledigt.

---

1) Wenn also das Promycel der Ustilagineen nichts anders als ein sich ausserhalb der Nährpflanze entwickelndes Mycel ist, muss zugegeben werden, dass es, ebenso wie das endophytische Mycel, einmal zur Reife gelangt, Sporen entwickeln muss. Dass diese Schlussfolgerung richtig ist, beweist die neueste Untersuchung von Brefeld, dem es gelungen ist, aus den Sporen von *Tilletia Caries* ein Mycelium ausserhalb der Nährpflanze zu erhalten und es zur Sporenbildung zu bringen (Brefeld, Botan. Unters. etc. V Heft. Die Brandpilze. S. 146—162).

2) Das oben beschriebene Sclerotium von *Cordalia* unterscheidet sich von allen übrigen Sclerotien, soweit ihre morphologische Entstehungsart bekannt ist dadurch, dass es sich aus den Fruchthyphen des Pilzes und nicht aus dessen vegetativen Theilen bildet.

V. Literatur-Angaben.

Gehen wir jetzt zu der über diesen Pilz vorhandenen Literatur über.

Zum ersten Mal wurde er von Ditmar[1]) 1817 in den Aecidien von *Circaea lutetiana* entdeckt. Aus der zwar allgemein gehaltenen doch guten Beschreibung Ditmar's, so wie auch aus der hinzugefügten für jene Zeit recht guten Tafel-Abbildung, ist ersichtlich, dass Ditmar den Pilz, den er *Tubercularia persicina* nennt, auch schon im Stadium eines Sclerotiums beobachtet hat; die wörtliche Beschreibung des Autors lautet:

«Diese Tubercularie hält gewöhnlich $^1/_4$ Linie und nur hin und wieder etwas darüber, im «Durchmesser. Sie findet sich bloss parasitisch auf *Aecidium Circaeae* und zwar innerhalb «der Scheinperidie, die sie jedoch zuweilen auch umgiebt. Ihre Gestalt ist grösstentheils «fast kugelförmig, hin und wieder aber auch fast kugelförmig und platt gedrückt. Ein «eigentlicher Stiel fählt, und nur bei grösserer Ausdehnung im Alter bildet die Scheinpe-«ridie der Aecidie gleichsam einen Stiel».

«Das Stroma ist an der Basis vesiculös (?)[2]), wird aber nach oben zu, und zwar ziem-«lich regelmässig, fassrig. Die Farbe dieses Pilzes ist ein Lilaroth.... Die Sporidien sind «kugelförmig und nicht sehr klein».

«Hin und wieder trifft man auch Missgestaltete dieser Art an, die sich durch ihre «Grösse, indem sie fast $^3/_4$ Linien und darüber im Durchmesser erreichen, und durch ihre «unregelmässige Form auszeichnen. Sie finden sich an solchen Stellen des Blattes, wo keine «Scheinperidien der Aecidien vorhanden sind, haben einen weissen Kern und eine violblaue «Kruste, die keine Spur von Sporidien zeigt (Fig. E)»[3]).

«Auf den Blättern des gemeinen Hexenkrauts, *Circaea lutetiana*, und zwar auf solchen «Stellen, wo sich das Aecidium *Circaeae* befand, entdeckte ich diese Tubercularie im August».

Was die Entdeckung des Pilzes auf *Tussilago* betrifft (namentlich in den Aecidien auf dieser Pflanze), so findet sich der erste Hinweis darauf bei Leveillé in Annales des sciences naturelles, III sér. Bot. t. IX, 1848, S. 246. — Den sogenannten «*Uredo lilacina* Roberge «in herb. Desmaz. Pl. Crypt. de Fr. édit. I, № 1476; édit. II, № 1076»[4]) erwähnend, tauft er ihn in *Tubercularia lilacina* Ditm. um und führt Folgendes an:

«Cette petite plante est très commune: on la trouve constamment dans le receptacle

---

1) Ditmar, in Sturm's Abbild. d. Pilze. Heft 4 (1817), S. 99, Taf. 49.

2) Dieser Ausdruck findet wohl seine Erklärung in der Unvollkommenheit der Microskope jener Zeit.

3) Augenscheinlich ist das das obenbeschriebene Sclerotium, aber noch nicht in voller Reife.

Es ist sehr möglich, dass das reife Sclerotium dieses Pilzes auf Circaea schon von Schumacher, 1801, unter dem Namen *Sclerotium Circaeae* Schum. kurz beschrieben worden ist, wie folgt:

«*Sclerotium Circaeae*, obovatum, subturbinatum, con-«vexiusculum, laeve, purpureo-atrum, subnitens, intus «fuscum; substantia carnosa duriuscula. — In aversa parte «foliorum Circaeae lutetianae. Autumno». (Schumacher. Enumeratio plantarum in partibus Saelandiae septentrionalis et orientalis. Hafniae, 1801; S. 187).

4) Der Pilz ist von Roberge auf den Blättern von *Thesium humifusum* gefunden, eine kurze Beschreibung desselben aber von Desmazières geliefert (Ann. d. sc. natur. III sér. t. VIII, 1847, S. 11).

d'un grand nombre d'*Aecidium;* elle a été très bien figuré par Ditmar (in Sturm's Abbild. d. Pilze.... etc.), qui l'a observé sur l'*Aecidium epilobiatum* Lk. Je l'ai trouvé dans les environs de Paris, dans les receptacles de l'*Aecidium crassum*, *Pedicularis*, *Urticae*, *Convallariae*, *Nymphoidis*, *Tussilaginis*, *Euphorbiarum*, *Periclymeni* etc.»[1]).

Man sieht hieraus, dass Leveillé solche Pilze in Aecidien einer gewissen Anzahl von Pflanzen, unter denen auch *Tussilago*, gefunden, und sie alle in eine einzige Art, die er *Tubercularia lilacina* Ditm. nennt, zusammengefasst hat ohne irgend welche Beweisgründe für die Richtigkeit seiner Ansicht anzuführen.

Hierauf finde ich den Pilz[2]) auf *Tussilago*-Blättern vorhanden in Rabenhorst's Herb. «*Fungi europ. exsicc.*» *Edit. nova, Ser. sec. (1870), Cent. XIV, № 1394*, mit folgender Angabe auf der Etiquette:

«*Uredo lilacina* Rob. (Ann. d. sc. nat. 3 sér. VIII, p. 11. Desmaz. pl. crypt. I, 1476; II, № 1076! = *Tubercularia lilacina* Ditm., Leveillé, in Ann. d. sc. natur. 3 sér. IX, p. 246. — Rabenh. herb. myc. ed. I, № 1163!

Stralsund, in *Aecidio Tussilaginis* parasitica. Sept., October leg. Fischer».

Dass der Pilz nicht zu den Rostpilzen (*Uredineae* s. *Aecidiomycetes*) gehört ist so augenscheinlich, dass es keines weiteren Beweises bedarf.

Andererseits aber kann für ihn auch der Name *Tubercularia* nicht mehr beibehalten werden, weil der Pilz, wie oben gezeigt wurde, zu den Ustilagines zugezählt werden muss[3]), die ältesten Formen der Gattung *Tubercularia* aber (die zuerst von Tode 1790 festgestellt wurde[4])), z. B. *Tub. vulgaris*, erwiesen sich späterhin als Entwickelungsstadien einiger zusammengesetzter Pyrenomyceten (z. B. der *Nectria cinnabarina*, *ditsissima*)[5]). Der Pilz mag also *Cordalia* heissen, zu Ehren Corda's, des nach Ditmar[6]) folgenden Beobachters desselben. Ich meine hierunter denjenigen Pilz, den Corda zuerst auf den Blättern von *Eryngium campestre* fand und ihn *Physoderma Eryngii* nannte[7]). Obgleich die Beschreibung und die Abbildungen Corda's Manches zu wünschen übrig lassen, so ist dennoch in der Beschreibung erwähnt, dass der Pilz sich endophytisch unter dem Epiderm entwickelt, dessen Zellen sich hier violett und späterhin braun färben. Die hinzugefügte Abbildung 8, 4

1) Augenscheinlich kommt der Pilz in Frankreich viel häufiger vor als bei uns oder in Deutschland, laut vorhandener Auskünfte darüber.

2) Er ist mit der meinen *Tussilago*-Form vollkommen identisch. (Fig. 1 u. and.).

3) Die Ansicht Tulasne's, dass die *Tubercularia persicina* Ditm. die Konidialform eines Pyrenomyceten, nämlich der *Sphaeria laepophaga*, darstellen soll — entbehrt jeglichen Beweises (Vergl. Tulasne, Ann. d. sc. natur. Bot. III sér. t. II, S. 83).

4) Tode. Fungi Meclenburgensis selecti; S. 18.

5) Andere ältere Formen von derselben Gattungsbenennung, wie z. B. *Tub. volvata* Tode, *Tub. sulcata* Tode, werden als zweifelhafte Tremellini betrachtet. (Vergl. Winter. Die Pilze Deutschlands etc. Bd. I. S. 276).

6) Der Pilz müsste eigentlich den Namen *Ditmaria* führen nach dem ersten Beobachter desselben; diese Benennung konnte ihm jedoch nicht gegeben werden, weil sie schon zweimal in der Botanik verwendet worden ist: ein Mal wurde eine zweifelhafte Alge so benannt, ein anderes Mal — eine Blüthenpflanze aus der Familie der *Vochysiaceae*. (Vergl. Pfeiffer, Synon. botan. 1870, S. 19 u. 323)

7) Corda. Icones fungorum. Tom. III, 1839; S. 3. Taf. I, 8.

erinnert sehr an einen senkrechten Längsschnitt des Fruchtträgers des oben beschriebenen *Tussilago*-Schmarotzers. Es fällt nur auf, dass Corda von «*sporis ochraceis*» spricht und sie unter etwas stärkerer Vergrösserung in Fig. 6 darstellt. — Es scheint mir, dass Corda sich hier geirrt hat und dass er bei letzterer Vergrösserung, in Fig. 6, für die Sporen seiner *Physoderma Eryngii* die pseudoperidialen Zellen eines Aecidiums — (seine Fig. 6 erinnert in hohem Grade an derartige Zellen) — angesehen hat, in welchem seine *Physoderma* aller Wahrscheinlichkeit nach parasitirte, was von Corda leicht übersehen werden konnte, um so mehr da auf *Eryngium campestre* Aecidien von *Pucciniae Pimpinellae* (Strauss) *f. Eryngii* DC.[1]) vorkommen.

Als später De-Bary einen auf Eryngium-Blättern vorhandenen Pilz, in welchem er Corda's *Physoderma* vermuthete, einer Untersuchung unterwarf, fand er einen ganz andern anatomischen Bau derartiger «Physoderma»-Pusteln, welcher mit dem von Corda beschriebenen durchaus nicht übereinstimmte. «Wenn ich Corda's Beschreibung recht verstehe» (schreibt De-Bary) «so fasst er den Bau der *Physoderma*-Pusteln in folgender Weise auf. Dem in der Mittelschicht des Blattdiachyms verlaufenden Gefässbündel sitzt eine dem Parasiten angehörende «sporenerzeugende Schicht» auf, aus kurzen aufrechten schmalen Zellchen bestehend, welche mit ihren Spitzen der Sporenmasse (die in dem zerstörten chlorophyllhaltigen Diachym der einen Blattseite liegt) zugewendet sind. «Wir glauben (fährt Corda fort) dass diese Zellen die Sporen ebenso erzeugen, wie dieses bei den Aecidien geschieht». Hierauf schreibt De-Bary weiter: «Nach dem, was ich gesehen habe, kann ich mir diese Angaben ebensowenig erklären, wie die zu ihrer Erläuterung dienende Figur 4; es sei denn, dass Corda nur alte Pusteln und ungeeignete Durchschnitte derselben untersucht und sich durch letztere über den richtigen Sachverhalt hätte täuschen lassen ...».

Indessen erinnert diese Figur 4 sowohl als auch die eben angeführte Beschreibung Corda's in Betreff des Baues seines Pilzes in hohem Grade an den Bau des von mir untersuchten Schmarotzers der *Tussilago*-Pflanze. Als De-Bary späterhin seine Gattung *Entyloma*[2]) aufstellte, zählte er den von ihm früher untersuchten Eryngium-Schmarotzer ebenfalls hierzu und zwar als eine besondere Art unter dem Namen *Entyloma Eryngii*, wobei er sich für berechtigt hielt ihn als mit *Physoderma Eryngii* Corda identisch zu betrachten.

Auf Grund der obenangeführten Auseinandersetzungen scheint mir der richtige Sachverhalt folgender zu sein:

Sowohl Corda als De-Bary entdeckten jeder je einen neuen Pilz; diese Pilze sind systematisch zwar sehr nahe stehend (gehören beide den Ustilagineen an), aber dennoch von

---

1) De-Candolle. Encyclop. VIII, S. 249. — Vergl. auch Winter, Die Pilze Deutschlands etc. B. I, S. 212—213; so wie auch: Frank, Die Krankheiten der Pflanzen. S. 467.

2) De-Bary. Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Pilze; 1 Reihe, 1864. S. 22—25. Taf. II. Fig. 11.

3) Bot. Zeit. 1874; S. 101, 105.

einander verschieden, und können auf einer und derselben Nährpflanze vorkommen, was bei den Ustilagineen nicht selten erscheint. Zur Zeit ist schon eine ziemliche Anzahl solcher Fälle bekannt, wo nicht nur zwei, sondern auch drei, ja sogar vier verschiedene Ustilagines eine und dieselbe Pflanze zu ihrem Nährsubstrate wählen können. So können z. B. auf *Ranunculus repens: Entyloma microsporum* (Unger) und *Urocystis Anemones* (Persoon) (= *pompholygodes* Rabenh.) vorkommen, die ich sogar gleichzeitig auf den Blättern dieses Ranunkels gefunden habe. Die *Ustilago olivacea* DC., welche gelbe Sporen, und die *Ustilago subinclusa*, Körnicke, die violette Sporen bildet, sind beide auf folgenden Riedgräsern anzutreffen: *Carex acuta* L.[1]), *C. ampullacea* Good., *C. vesicaria* L., *C. riparia* Curt.; auch für diese beiden Schmarotzer wurde unlängst von Brefeld ihr gleichzeitiges Vorkommen auf der letztgenannten *Carex* constatirt, wo sie in einer Aehre zur Fruchtbildung kamen[2]).

Verschiedene Sileneae, wie *Dianthus deltoides* L., *Saponaria officinalis* L., *Silene inflata* Smith, können der eben erwähnten *Ustilago olivacea* DC, als auch *Sorosporium Saponariae* als Nährpflanze dienen. Drei verschiedene Brandpilze leben auf *Sorghum vulgare* Pers.; wieder drei andere auf gewöhnlichem Waizen. *Lolium perenne* L. kann sogar vier Arten[3]), die verschiedenen Brandpilz-Gattungen angehören, als Nährpflanze dienen.

Diese Beispiele, deren Zahl noch vermehrt werden könnte, genügen um den Beweis zu liefern, dass oft auf einer und derselben Pflanze verschiedene Ustilagines parasitrien können. Daher ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass zu derartigen Nährpflanzen auch *Eryngium campestre* gehören kann. Dies Alles in Betracht genommen erklärt es sich leicht, weshalb Corda und De-Bary in ihren Angaben so weit auseinander gehen. Corda hat auf *Eryngium campestre* augenscheinlich einen ihm bis dahin unbekannten Pilz gefunden, von dem er zwar eine nicht ganz genaue, jedoch hinreichend genügende Beschreibung gegeben hat, nach welcher die Aehnlichkeit dieses Pilzes mit dem obenbeschriebenen *Tussilago*-Schmarotzer nicht verkannt werden kann. Andererseits fand aber De-Bary auf *Eryngium campestre* einen ganz anderen Pilz, nämlich *Entyloma Eryngii*, woher selbstbegreiflich weder die Beschreibung, noch die Abbildungen Corda's auf denselben passen könnten. Doch gehören beide Pilze zu derselben Familie der *Ustilagineen*.

VI. Gegenwärtig bekannte Formen.

Gegenwärtig ist es schwer zu entscheiden, ob alle oben angeführten *Cordalia*-Pilze eine und dieselbe Art bilden oder nicht. Diese Frage könnte nur durch experimentelle Infectionsversuche vermittelst Uebertragung des Pilzes von einer Nährpflanze auf eine an-

1) Auf diesem Riedgras kommt noch *Urocystis Fischeri* vor.

2) Brefeld. Untersuch. Heft V. (Brandpilze), 1883; S. 129.

3) Nämlich: *Ustilago segetum* Bull., *Urocystis occulta* Wallr., *Tilletia striaeformis* Westd., *Sorosporium Lolii* Thüm.

dere gelöst werden, was indessen bis jetzt noch nicht geschehen ist. Und wenn alle diese Pilze nichtsdestoweniger als zu einer Art gehörend angesehen werden, so wäre es dennoch rathsam sie einstweilen als verschiedene Formen zu unterscheiden je nach der Nährpflanze auf der sie vorkommen.

Zur Zeit hätten wir also folgende Formen zu unterscheiden:

Cordalia persicina (Ditm.), f. *Circaeae.*
In den Aecidien der Blätter von *Circaea lutetiana* (Ditmar, l. c.).

» f. *Eryngii.*
Auf den Blättern (wahrscheinlich auch in den Aecidien) von *Eryngium campestre* (Corda, l. c.).

Dann, die obenbeschriebene:

» f. *Tussilaginis.*
Auf der Blattlamina von *Tussilago farfara*, sehr selten auf dem Blattstiele. Gewöhnlich in den Aecidien (auch in Spermogonien), seltener unmittelbar im Blattgewebe selbst. (Fig. 1—3).

Ausserdem die von mir zuerst entdeckten Formen:

» f. *Sorbi.*
Auf *Sorbus Aucuparia.* (Fig. 24, 25).

» f. *Cirsii.*
Auf *Cirsium oleraceum.*

} In den entsprechenden Aecidien dieser Pflanzen.

» f. *Paridis.*
Auf *Paris quadrifolia*, unmittelbar im Blattgewebe selbst. (Aecidien fand ich hier nicht).

» f. *Clematidis.*
Diese Form habe ich kennen gelernt nach den mikroskopischen Präparaten von Herrn M. Woronin, der sie mir freundlichst zur genauern Betrachtung überliess. Der Pilz war als *Tubercularia persicina* Ditm. bestimmt. Woronin theilte mir mit, dass er vor einigen Jahren aus dem Süden Russlands einige stark von *Aecidium Clematidis* DC befallene Stengel einer *Clematis*-Pflanze erhalten hat. Sie waren stark hypertrophirt. Die Aecidien waren ihrerseits wiederum durch den genannten Pilz inficirt. Nach den Längsschnitten der Fruchtträger dieses Pilzes zu urtheilen, ist er mit dem *Tussilago*-Schmarotzer vollständig identisch.

» f. *Euphorbiae.*
Vergl. Fuckel, Symb. Mycologicae, S. 366, wo der Pilz unter dem Namen *Tubercularia persicina* Ditm. angeführt ist. Nach Fuckel kommt der Pilz «auf der unteren Blättfläche von *Euphorbia Cyparissias*, in Gemeinschaft mit *Aecidium Euphorbiae* vor; selten im Sommer».

Den Fruchtträger dieses Pilzes habe ich gleichfalls an einem mikroskopischen Präparate von M. Woronin gesehen.

Dann:

» f. *Thesii.*

Diese, als *Uredo lilacina* Desmazières (Ann. d. sc. natur. 3 sér. Bot. t. VIII, S. 11) obenerwähnte Form befindet sich nach des Autors Angaben sehr oft in Gemeinschaft mit *Aecidium Thesii* Desv. (= *Puccinia Thesii;* vergl. Winter, Die Pilze Deutschlands etc. I, S. 202) auf *Thesium humifusum.*

Ausserdem, wie schon erwähnt, fand Leveillé (l. c.) noch folgende Formen in:

Aecidium crassum Pers. (= *Rhamni*, = *Puccinia coronata* Corda).
Aecidium Pedicularis Libosch.
Aecidium Urticae DC (= *Puccinia caricis* DC).
Aecidium Convallariae Schum.
Aecidium Nymphoides DC.
Aecidium Periclymeni DC.
Aecidium Euphorbiarum.

Tulasne[1]) fand später noch folgende Formen: in *Aecidium Grossulariae* DC (= *Puccinia Ribis* DC), *Aecidium* (*Peridermium*) *Pini* Pers. (= *Coleasporium Seneciones*), so wie auch in den Pseudo-Aecidien des Rostpilzes *Endophyllum Euphorbiae sylvaticae* (DC) (= *Aecidium Euphorb. sylvaticae* DC; Fl. franc. II, p. 241 und Synops. Plant. p. 50).

Nach Frank's Angaben, dass der sogenannte *Fusarium globulosum* Pers., «der in klei«nen röthlich-weissen, halbkugelichen Polsterchen mit *Puccinia* auf *Salvia verticillata* ge«funden worden ist und generisch mit der *Tubercularia persicina* Ditm. übereinstimmt», ist anzunehmen, dass auch dieser Pilz zu den *Cordalia*-Formen zugezählt werden muss; zudem parasitirt auch er in den Aecidien der genannten *Puccinia.* (Vergl. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen, S. 614).

Endlich gehört zu den *Cordalia*-Formen auch noch der von Saccardo entdeckte Pilz, welcher in den Aecidien (= *Roestellia cancellata* Rabenh.) des auf den Blättern des Birnbaumes vorkommenden *Gymnosporangium Sabinae* (Dicks.) (= *Gymnosp. fuscum* DC) parasitirt. Dieselbe Form ist etwas später auch von Cornu[2]) gefunden worden. Eine andere ähnliche Form fand Cornu in dem *Aecidium Orchidum.* Beide Autoren führen an, dass der Schmarotzer die Entwickelung der Aecidien hemmt.

Saccardo betrachtet seinen Pilz als eine neue Art, die er *Tubercularia vinosa* sp. n. nennt; Cornu aber identificirt den Pilz mit *Tubercularia persicina* Ditm. und bemerkt da-

1) Tulasne, Ann. d. sc. nat. Bot. IV sér. t. 2, S. 83.

2) Vergl. *Michelia*, tome I, p. 262; II, p. 34, sowie auch *Revue mycologique*, juillet, 1882, p. 155, und M. Cornu, in Bull. de la soc. bot. de France, t. XXX (II sér, t. V). — Compt.-rend. d. séanc. Cah. 4, p. 222 (Séance du 13 avril 1883).

bei, dass er ihn mit Herren Roze und Richon in den Pseudoaecidien des Rostpilzes *Endophyllum Euphorbiae*[1]), und dass G. Poirault denselben Pilz in *Endophyllum Sempervivi* (Albert. et Schwein.) gefunden habe.

Aus dem was Cornu weiterhin anführt, nämlich dass die Sporen des *Endophyllum*-Schmarotzers leicht in Pulver zerfallen, bin ich geneigt anzunehmen, dass der Pilz[2]) garnicht zu den *Cordalia*-Formen gehört, sondern möglicherweise einen anderen Brandpilz darstellt.

Aus den angeführten Angaben verschiedener Autoren über das Vorkommen der oben von mir als *Cordalia* zusammengefassten Formen ist ersichtlich, dass sie alle den Pilz ausschliesslich in den Aecidien einer oder der andern Nährpflanze angeben. Wie aber schon oben erwähnt, kommt die Form *Tussilaginis* auch in den Spermogonien und, wenn auch verhältnissmässig selten, im Blattgewebe selbst vor. Ebenso, unmittelbar im Gewebe des Blattes habe ich den Pilz auf *Paris quadrifolia* gefunden[3]). Diese Thatsachen beweisen, dass nicht ausschliesslich die Aecidien allein als nährendes Substrat zur Entwickelung solcher Pilze dienen. Ausserdem muss man im Auge behalten, dass nicht der ganze Pilz sich in den Aecidien (oder auch Spermogonien) entwickelt, wie bisher angenommen wurde, sondern nur der fruchttragende Theil desselben allein. Obschon die Entwickelung von *Cordalia* in den Konidialbehältern der Rostpilze als sehr charakteristisch für diese Gattung gelten muss, so hat diese Erscheinung doch nichts Auffallendes, wenn wir uns ins Gedächtniss zurückrufen, dass die meisten Fruchtträger der Brandpilze sich ausschliesslich in gewissen Theilen ihrer Nährpflanzen entwickeln, z. B. im Fruchtknoten, in den Antheren, etc., wo sie augenscheinlich die nöthigen Lebensbedingungen für ihre Weiterentwickelung finden. Im Grunde genommen, gehören alle diese Fälle zu einer und derselben Kategorie von Erscheinungen und sind nur verschiedene Formen der Anpassung verschiedener Brandpilze an das Nährsubstrat.

VII. Ueber den Anschluss der Tremellini einerseits und der typischen Basidiomyceten andererseits an die Ustilagineen.

Es wird, bekanntlich, gegenwärtig angenommen, dass von den Ustilagineen keine Uebergänge zu irgend welchen höher organisirten Pilzen stattfinden[4]). Indessen nähert augenscheinlich der hier beschriebene Pilz mit seinem differenzirten gallertigen Fruchtträ-

1) Der gemeinte Pilz soll mit demjenigen welchen auch Tulasne in *Endophyllum Euphorbiae* fand (vergl. oben), identisch sein.

2) Cornu führt noch an, dass er einen ganz ähnlichen Schmarotzer auf dem Rostpilz *Cacoma Mercurialis*, auf *Mercurialis annua* gefunden hat.

3) Da ich dieser Form, und zwar in sehr geringer Zahl, nur auf einem Blatte begegnet bin, will ich diesen Fall des Nichtvorhandenseins in Aecidien, nicht als Regel aufstellen.

4) De-Bary, Beitr. zur Morph. u. Phys. d. Pilze, IV, 1831, S. 127, 131; Vergl. Morph. u. Phys. d. Pilze, etc. 1884, S. 357. — Vergl. auch: Brefeld, Schimmelpilze, IV, 1881, S. 165.

ger die *Ustilagines* den *Tremellini*, deren Fruchtträger ebenfalls gallertig und der Enstehung nach dem der *Cordalia* ähnlich ist. Ausserdem werden die Sporen in beiden Fällen ausschliesslich im peripherischen Theile der Fruchtträger, d. h. an den Enden der Fruchthyphen gebildet. Der Unterschied besteht darin, dass bei *Cordalia* die Enden solcher Hyphen perlschnurartig anschwellen und mehrere Sporen bilden, während bei den *Tremellini* nur eine Anschwellung am Ende jeder Fruchthyphe entsteht und sich zu einer Spore bildet. Doch bestehen auch unter den Brandpilzen allerlei Uebergänge von der unregelmässigen intercalaren Sporenbildung an den Fruchthyphen bis zur endständigen perlschnurartigen und sogar bis zur Einzelbildung an den Enden derselben, was sogar bei einer und derselben Art vorkommt, z. B. bei *Entyloma Heliosciadii* Magn., was schon früher erwähnt worden ist. Die Sporen entstehen einzeln an den Enden der Hyphen auch bei *Tilletia Caries* Tul. [1]) und einigen anderen. Folglich bildet bei den *Tremellini* eine derartige Entwickelung einzelner Sporen an den Enden der Fruchthyphen einen wesentlichen Unterschied zwischen dieser Gruppe und den Brandpilzen. Das weitere Schicksal der Sporen ist in beiden Fällen ein gleiches. Bei den *Tremellini* entsteht nach der Keimung entweder ein sogenanntes Promycel von verschiedener Länge, welches durch die darauf entstehenden Sporidien den Anfang zu dem gewöhnlichen Mycel legt; oder es entsteht ein solches Mycel unmittelbar aus den keimenden Sporen selbst. Dasselbe geschieht auch bei den *Ustilagineen*. Ausserdem existiren auch bei einigen *Tremellini* [2]) ähnlich wie bei einigen *Ustilagines* (gewisse *Entyloma*-Arten, *Tuburcinia Trientalis*) konidiale Fortpflanzungsorgane (sogenannte «Spermatien» Tulasne's), welche an dem gewöhnlichen vegetativen Mycel entstehen [3]). Jetzt ist es schon festgestellt, dass derartige Bildungen keimungsfähig sind (*Tremella cerasi* Tul.) [4]) und ein in gewöhnlicher Weise fructificirendes Mycelium bilden können (*Dacryomyces deliquescens*) [5]). Dasselbe können, wie bekannt, auch die «Konidien» der letzterwähnten Ustilagineen-Gattungen erzeugen (besonders klar ist dies von Woronin [6]) für *Tuburcinia Trientalis* gezeigt worden). Folglich erinnern die *Tremellini* vollständig an die Ustilagineen, unter denen sie sich am meisten der Gattung *Cordalia* nähern in Folge der Differenzirung des Fruchtträgers, welcher mit dem der *Tremellini* vollkommen übereinstimmt. Mit einem Worte, die letzteren erscheinen als Brandpilze des Typus *Cordalia*, nur mit der Bildung einzelner Sporen an den Enden der Verzweigungen der Fruchthyphen.

---

1) Vergl. Tulasne in Ann. d. sc. natur. III sér. t. VII, S. 29—30, 112. Fischer v. Waldheim, in Pringsh. Jahrb. Bd. 7, S. 85, Taf. IX.

2) Tulasne. Sur l'organisation des Tremellinées (Ann. d. sc. natur. Bot. III sér. t. XIX, S. 193, tab. X—XIII, und. V. sér. t. XV, S. 215, tab. IX—XII.

3) Auf eine derartige Aehnlichkeit der Konidialfortpflanzung war schon von Schröter, 1877, hingewiesen, welcher bekanntlich zuerst diese Fortpflanzungsart bei einigen *Entylomen* entdeckte. «Man kann in dieser Conidienbildung» (nämlich bei *Entyloma*-Arten) schreibt Schröter «eine Annäherung der Ustilagineen an die Hymenomyceten, speciell an die Tremellaceen finden. Diese Conidienbildung würde der Spermatienbildung bei Tremella an die Seite gestellt werden können...» (Cohn's Beiträge zur Biol. Bd. II, S. 438).

4) De-Bary. Vergl. Morphol. und Biol. d. Pilze etc. 1884. S. 356.

5) Klebs (in: De-Bary, l. c.).

6) Woronin. Beitr. zur Kenntniss der Ustilagineen 1882.

Alle Ustilagineen, so weit sie uns bekannt, sind von einander vor allem durch die verschiedene Differenzirung ihrer Fruchtkörper zu unterscheiden, weil nämlich nur darin dass wesentliche Haupt-Merkmal innerhalb der ganzen Gruppe besteht (vergl. das auf der S. 11 Angeführte).

Von diesem Standpunkte aus betrachtet sind sie schon jetzt mindestens in zwei Kategorien von Formen einzutheilen je nach dem, ob ihre Fruchtträger bei der Reife der Sporen gallertig bleiben oder nicht, wovon wiederum abhängt, dass bei den Formen einer dieser Kategorien die Sporen nicht zu Pulver zerfallen, bei der anderen hingegen sie pulverige Massen bilden[1]); zu diesen (die man *Ustilag. pulveraceae* nennen könnte) gehört die Mehrzahl uns bisher bekannter Brandpilze; die erste Kategorie enthält bis jetzt nur die Gattungen *Entyloma* und *Cordalia* (*Ustilag. tremelloideae*).

Auch in jeder dieser Kategorien ist ferner ein Bestreben zur weiteren Differenzirung der Fruchtträger erkennbar. Bei den Ust. tremelloideen äussert es sich in der Differenzirung der Sporenbildung vorherrschend an den Enden der Fruchthyphen: was bei *Entyloma* noch nicht ganz fest ausgedrückt erscheint, bei *Cordalia* hingegen eine konstante Erscheinung ist. Dieselbe Differenzirung findet auch in der anderen Kategorie der Pulveraceae statt, z. B. bei *Tilletia*. Bei einigen Formen der letztgenannten Kategorie geschieht aber die Differenzirung der Fruchtträger noch auf andere Weise; so, z. B. bei *Ustilago olivacea* DC (welcher in den Fruchtknoten verschiedener Riedgräser schmarotzt) bleiben einige Hyphen des Fruchtträgers steril: zur Zeit der Sporenreife des Pilzes treten sie als Bündelfäden, zwischen denen die pulverulenten Sporen liegen, aus der inficirten Stelle hervor[3]). Bei der wenig bekannten Form *Testicularia Cyperi* Klotsch[4]) differenzirt sich der Fruchtträger in das äussere, feine, zerbrechliche Peridium von milchweisser Farbe, das sich nach oben unregelmässig öffnet, und in den inneren Theil, der aus pulverigen Sporen besteht und in welchem hin und wieder gegliederte und verzweigte Fäden des Fruchtträgers liegen.

Bei *Ustilago Hydropiperis* (Schum.) (= *Ust. Candollei* Tul.) [5]), welcher im Fruchtknoten verschiedener Polygonum-Arten (*P. Hydropiper*, *viviparum*, *Bistorta* etc.) parasitirt, geht die Differenzirung noch weiter und zwar differenzirt sich der Fruchtträger nicht nur in die äussere farblose Hülle (Peridium), die aus vielen Schichten kleiner rundlicher Zellen besteht, sondern auch in eine centrale Columella von demselben Bau, und endlich noch

---

1) Diese Ansicht wurde von mir in der Sitzung der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft, vom 21 März 1884, entwickelt (Abhandl. dieser Gesellschaft, Bd. XV. Heft 2). Vergl. auch De-Bary's neue Werk, Vergleichende Morph. u. Biol. d. Pilze, S. 187, welches im Laufe des Sommers 4884 erschienen ist.

2) Die unlängst von Cornu beschriebene neue Gattung *Doassansia* (bei welcher die reifen Fruchtträger auch nicht gallertig sind) ist dadurch interressant, dass jeder Sporenhaufen (Fruchtkörper) in eine central gelegene Sporenmasse und in eine Reihe steriler sie umgebender Sporen differenzirt erscheint. (Cornu, in Ann. d. sc. VI sér. Bot. t. XV. — Vergl. auch Fisch, in den Berichten d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. II. H. 8, S. 405.

3) De-Candolle, Flore française, vol. VI, p. 78. — Winter, Die Pilze Deutschlands etc. Bd. I, S. 91. — Brefeld, Hefenpilze Heft V. (Brandpilze), S. 129, Taf. X, Fig. 20—26.

4) Klotsch, in Linnaea, t. VII (1832), p. 202, tab. IX, A. — Cornu, Ann. d. sc. VI sér., Bot. t. XV, p. 270.

5) Tulasne, in Ann. d. sc. nat. III sér. Bot. t. VII, p. 93. — Winter, Die Pilze Deutschlands etc. I, S. 94.

in den dazwischen liegenden, den eigentlichen reproduktiven Theil, aus welchem sich die pulverigen lilagefärbten Sporen bilden[1]).

Endlich, bei der von E. Fischer unlängst untersuchten Gattung *Graphiola*, das auf Phoenix dactilifera parasitirt, differenzirt sich der ganze Fruchtträger in die äussere doppelte Hülle (Peridium), in die sporenbildenden Hyphen und in die dazwischen in Bündeln liegenden sterilen Hyphen. Beim Oeffnen der Fruchtträger wachsen diese letzteren in die Länge und indem sie sich dabei garbenartig hinausdrängen führen sie dadurch die ihnen anhaftenden Sporen mit sich hinaus; auf diese Weise figuriren sie als Ausstreuungsapparat[2]). Alles dieses erinnert an Erscheinungen, die bei den typischen Basidiomyceten vorkommen, deren Fruchtkörper gleichsam als ein weiterer Grad der Differenzirung derartiger Fruchtträger erscheinen.

Auf diese Weise ist in den erwähnten zwei verschiedenen Kategorien von Formen der Brandpilze, die einen gemeinsamen Ursprung haben, eine stufenweise Differenzirung zu extremen Typen vorhanden. Die tremelloiden Formen der einen Kategorie führen zu den *Tremellini*, die der anderen — zu den typischen Basidiomyceten[3]).

Für die verhältnissmässig geringere Verbreitung der einen Kategorie der Brandpilze (Tremelloiden) im Vergleich zu den Pulveraceen dient die Eigenthümlichkeit der Differenzirung ihrer Fruchtträger als Erklärung. Damit ist augenscheinlich auch die Thatsache verbunden, dass von allen Brandpilzen die Mehrzal der Formen (sowohl an Arten, als auch an Gattungen) zu den Pulveraceen gehört; dagegen die andere Kategorie nur eine sehr geringe Anzahl systematischer Vertreter dieser Familie aufzuweisen hat. Und dasselbe Verhältniss besteht, wie bekannt, auch zwischen den *Tremellini* und den typischen Basidiomyceten.

---

1) De-Bary, in Flora, 1854, S. 648. — Vergl. auch Bot. Zeit. 1883. S. 797 ff. und besonders dessen neu erschienene Werk (Vergl. Morph. u. Biol. der Pilze, 1884, S. 187), wo er aus dieser Pilz-Art nach der Differenzirung des Fruchtträgers, mit Recht eine neue Gattung bildet, die er *Sphacelotheca* nennt.

2) E. Fischer. Bot. Zeit. 1883.

3) Hier soll nur die allgemeine Richtung, welche zu den Basidiomyceten führt, angedeutet werden, obgleich sie sich in Zweige theilt, deren jeder zu besonderer Unter-Abtheilung dieser grossen Gruppe führen mag. Was den Entwickelungsgang der hierher gehörenden Formen anbetrifft, so ist er im Grunde derselbe wie bei den Ustilagineen. Der Hauptunterschied besteht nur darin, dass bei den typischen Basidiomyceten die Konidienbildung nur in sehr seltenen Fällen vorkommt, z. B. bei einigen *Coprinus*-Arten (bei *C. stercorarius* kommt sie jedoch garnicht vor; vergl. Brefeld, Schimmelpilze, III), vielleicht auch bei einigen Nidularieen. Im Allgemeinen scheint sie aber bei den typischen Basidiomyceten vollständig verloren gegangen zu seiu. (De-Bary, Vergl. Morph. u. Biol. der Pilze, S. 357).

Gegenwärtig wird angenommen, dass die typischen Basidiomyceten von den Ascomyceten vermittelst der Aecidiomyceten auf regressivem Wege entstanden sein sollen (Brefeld, Schimmelpilze, IV, 1881, S. 173. — De-Bary, Beitr. zur Morph. d. Pilze, IV, 1881, S. 120, 130, 131 und Vergl. Morph. u. Biol. d. Pilze, 1884, S. 364—365). Ohne hier auf eine nähere Prüfung der Richtigkeit dieser Ansicht einzugehen, beschränke ich mich auf die Bemerkung, dass meiner Ansicht nach, die Ascomyceten und die typischen Basidiomyceten zwei ganz selbständige und von einander unabhängige Reihen bilden, von denen jede ihren eigenen Ursprung hat.

Erklärung der Abbildungen[1]).

Fig. 1. Die Unterfläche eines Blattes von Tussilago farfara L., mit darauf befindlichen rundlichen Flecken, in denen Aecidien vorhanden, in welchen der *Cordalia*-Pilz schmarotzt. (Natürl. Grösse).

Fig. 2. Ein Theil eines Tussilago-Blattes, von der Unterfläche betrachtet, mit 4 einzelnen Gruppen von Aecidien, von denen nur in den Aecidien der 3 oberen Gruppen der *Cordalia*-Pilz schmarotzt. In der obersten Gruppe sind einige Sclerotien dieses Pilzes sichtbar. (Loupen-Vergrösserung).

Fig. 3. Ein Theil der Unterfläche eines Tussilago-Blattes, in dessen Mehrzahl von Aecidien die Fruchtträger des *Cordalia*-Pilzes sich zu Sclerotien ausgebildet haben. (Natürl. Grösse).

Fig. 4. Verschiedene Formen der grössesten sclerotischen Fruchtträger des *Cordalia*-Pilzes, vom Tussilago-Blatte stammend. (Natürl. Grösse).

Fig. 5. Ein derartiges Sclerotium im Querdurchschnitte, von dem die Abbildung nur die eine Hälfte zeigt. (Vergr. 125).

Fig. 6. Ein kleinerer Theil desselben Querschnitts, bei stärkerer Vergrösserung (nämlich 375).

Fig. 7. Ein reifer *Cordalia*-Fruchtträger (im Längsschnitte), welcher die Epidermis des Tussilago-Blattes durchbrochen, deren in Fetzen zerrissene Ränder die Seiten des Fruchtträgers umgeben. Die zu Bündel vereinigten aufrecht stehenden Fruchthyphen entspringen von dem vegetativen Theile, Mycelium, des Pilzes, welches sich im Gewebe der Nährpflanze befindet. In der Figur ist nur ein kleinerer Theil der Sporen abgebildet von denen mehrere den Fruchthyphen noch anhaften; der grösseste Theil der schon von den letzteren abgefallenen Sporen, so wie die vollständig durchsichtige zähflüssige Gallerte in der sie alle eingebettet liegen, ist nicht abgebildet. (Vergr. 275).

Fig. 8. Das obere Ende einer Fruchthyphe in Sporenbildung begriffen. (Vergr. 500).

Fig. 9. Eine Gruppe von abgefallenen Sporen in Form einer Kette; die 2 links liegenden Sporen sind von einer gemeinsamen Membra umhüllt. (Vergr. 500).

Fig. 10 u. 11. Zwei andere abgefallene und schwach verzweigte Sporengruppen. (Vergr. 500).

Fig. 12. Eine abgefallene Gruppe aus zweien Sporen bestehend, die noch von der Mutterzellmembran umgeben sind. (Vergr. 500).

Fig. 13—18. Verschiedene Keimungsstadien der reifen Sporen, in schwacher Zuckerlösung; Fig. 13 zeigt eine und dieselbe Spore in zwei verschiedenen Lagen; in Fig. 16 keimt eine Spore, indem sie noch mit einer anderen in Verbindung steht. Im Exosporium der keimenden Sporen ist ein Porus sichtbar. (Vergr. 835).

---

1) Die Fig. 1 ist von Fräulein N. v. Boehmer nach der Natur entworfen, und die Fig. 2—7 von einem meiner gewesenen Zuhörer, jetzt Candidat der Naturwissenschaften, Fürsten W. v. Massalski. Indem ich diese Namen anführe, erfülle ich hiermit nur eine angenehme Pflicht.

Fig. 19. Das spindelförmige Ende eines Promycels kurz vor dem Abschnüren einer Sporidie. (Vergr. 835).

Fig. 20. Einige abgefallene Sporidien von verschiedener Länge. (Vergr. 835).

Fig. 21. Ein junges verzweigtes Mycelium, welches aus einer oberflächlich gelegenen Zelle eines Sclerotiums entstanden ist beim Auskeimen des letzteren in feuchter Umgebung. (Vergr. 835).

Fig. 22. Ein Endtheil eines mehr herangewachsenen Myceliums desselben Ursprungs. Die Enden der Seitenzweige sind jeder im Abschnüren einer Sporidie begriffen. (Vergr. 835).

Fig. 23. Einige Sporidien von verschiedener Form, welche von den Mycelien abstammen, die aus ausgekeimten Sclerotien entstanden sind. In der Figur sind nur diejenigen Sporidien abgebildet, welche schon bald nach ihrem Abfallen vom Mycel durch 1 bis 3 Quersepta gefächert erscheinen. (Vergr. 835).

Fig. 24. Ein Fiederblättchen der Eberesche (Sorbus Aucuparia), mit zwei darauf befindlichen Gruppen von Aecidien des Gymonsporangium juniperinum L. (= Roestelia cornuta Ehrh.), von denen in den Aecidien der oberen Gruppe der *Cordalia*-Pilz schmarotzt, wodurch diese Aecidien in ihrer Weiterentwickelung vollständig gehemmt erscheinen; die Aecidien der unteren Gruppe aber, welche den *Cordalia*-Pilz nicht enthalten, sind vollständig entwickelt. (Natürl. Grösse).

Fig. 25. Ein Theil eines ebensolchen Fiederblättchens der Eberesche mit Aecidien, welche vollständig unentwickelt sind durch den in ihnen steckenden *Cordalia*-Pilz, dessen Fruchtträger hier sich zu Sclerotien ausgebildet haben. (Loupen-Vergrösserung).

1.

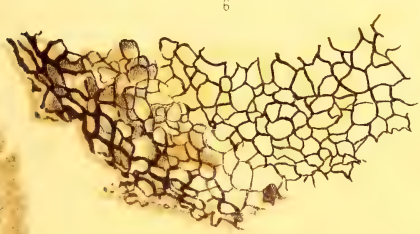
2.

3.

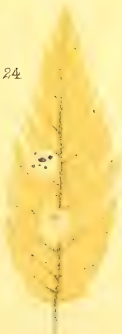
4

5.

6.



24.



25.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII[E] SÉRIE.
TOME XXXII, N° 15.

ZUR
SPECTROSKOPIE DES STICKSTOFFS.

I. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS BANDENSPECTRUM.

VON
Dr. B. Hasselberg.

(Mit 5 Tafeln.)

(*Der Akademie vorgelegt am 23. October 1884.*)

Lick
NOV 30

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C[ie] et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 1 Rbl. = 3 Mrk. 33 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SERIE.
TOME XXXII, N° 15.

ZUR
SPECTROSKOPIE DES STICKSTOFFS.

I. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS BANDENSPECTRUM.

VON
Dr. B. Hasselberg.

(Mit 5 Tafeln.)

(*Der Akademie vorgelegt am 23. October 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:
à St.-Pétersbourg: M. Eggers et C^ie et J. Glasounof; à Riga: M. N. Kymmel; à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).
Prix: 1 Rbl. = 3 Mrk. 33 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mai, 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Einleitung.

Unter den Spectra der Gase dürfte es wohl wenige geben, denen eine häufigere Aufmerksamkeit zu Theil geworden ist, als denjenigen des Stickstoffs. Seit der Entdeckung derselben durch Ångström [1]) und V. d. Willigen [2]) und den bemerkenswerthen Untersuchungen von Plücker und Hittorff [3]) liesse sich eine namhafte Anzahl Forscher erwähnen, die sich mit den Spectralverhältnissen dieses Gases näher beschäftigt haben, und es scheint unter solchen Umständen, als müsse der Gegenstand für unsere jetzigen Hülfsmittel der Beobachtung als erschöpft angesehen werden. Allein dem ist bei weitem nicht so; im Gegentheil, wenn es sich um die Details und die innere Structur dieser Spectra und insbesondere des Bandenspectrums handelt, so lässt sich behaupten, dass wir noch heute wenig über das hinausgekommen sind, was uns in der für ihre Zeit vortrefflichen Beschreibung Plücker's und Hittorff's geboten wird. Zwar haben Ångström und Thalén [4]) die spectroskopische Literatur mit einer vortrefflichen Untersuchung des Bandenspectrums bereichert, die deshalb besonders werthvoll ist, weil sie die erste genaue Bestimmung der Wellenlängen der Banden enthält, aber auch diese Beschreibung giebt nur die allgemeinen Hauptzüge des Spectrums, ohne auf dessen Einzelheiten näher einzugehen.

Für den weiteren Fortschritt der Spectroskopie ist aber eine möglichst weitgehende Durchforschung der Details der Spectra eine dringende Nothwendigkeit. Nur wenn dieselben bis in ihre innerste Structur genau bekannt sind, ist Aussicht vorhanden zu einer näheren Kenntniss der Molekularverhältnisse der Körper zu gelangen, für welche sie charakteristisch sind, und erst dann ist es überhaupt Zeit, an die Behandlung dieser letzteren Frage zu gehen. Um in dieser Richtung einen Beitrag zu liefern, beabsichtige ich im Fol-

1) Sw. Wet. Akad. Handlingar 1853 p. 335. — Pogg. Ann. Bd. 94 p. 141.
2) Pogg. Ann. Bd. 106 p. 610.
3) Phil. Trans. Vol. 155.
4) Act. Upsal. Vol. IX 1875.

genden den Spectroskopisten die Resultate einer eingehenden Untersuchung des Bandenspectrums des Stickstoffs vorzulegen, welche ich, wie ich glaube, mit vollkommeneren Mitteln als die bisher angewandten ausgeführt habe. Die Reichhaltigkeit dieser Resultate ist in der That eine überraschend grosse, nicht nur wegen der Zahl der Linien, die gemessen werden konnten, sondern auch, und vielleicht noch mehr, wegen der merkwürdigen Regelmässigkeit ihrer Gruppirung, die hier zum ersten Mal mit vollkommener Deutlichkeit hervortritt. Dieses Ergebniss verdanke ich zum grössten Theil einer mit unerwartetem Erfolge gekrönten Anwendung der heutzutage so ausserordentlich entwickelten Trockenplatten-Photographie, wodurch eine Menge schwacher Linien haben erkannt und gemessen werden können, die für die Ocularbeobachtung wohl für immer unzugänglich geblieben wären.

Da die einschlägigen Arbeiten auf dem Gebiete der Spectroskopie des Stickstoffs allgemein bekannt sind und übrigens zum grössten Theil sich nur mit den Veränderungen der Hauptzüge des Spectrums unter wechselnden Verhältnissen des Druckes und der Temperatur beschäftigen, ohne die Einzelheiten eingehender zu berühren, so glaube ich eine historische Schilderung der Entwickelung dieses Theils der Spectroskopie füglich übergehen zu können. Dagegen dürfte es nicht unzweckmässig sein, ehe ich zur näheren Beschreibung meiner eigenen Untersuchungen gehe, einen kurzen allgemeinen Ueberblick Dessen zu geben, wodurch dieselben als eine Erweiterung des bisjetzt Bekannten angesehen werden können.

Das allgemeine Aussehen des Spectrums ist jedem Spectroskopisten bekannt. Bereits Plücker und Hittorff haben aber die Wahrnehmung gemacht, dass die schattirten Banden nicht eine völlig continuirlich verlaufende Lichtabstufung zeigen, sondern unter günstigen Umständen von einer grossen Menge dunkler Linien oder Zwischenräume durchzogen erscheinen. Richtiger hätte dies als eine Auflösung in feine helle Linien bezeichnet werden müssen. Dasselbe ist später von anderen Beobachtern namentlich von Ångström und Thalén ebenfalls bemerkt worden. In meinem Spectroskop, dessen Bau und Leistungsfähigkeit durch meine Untersuchungen über das zweite Spectrum des Wasserstoffs den Spectroskopisten hinlänglich bekannt sein dürfte, ist diese Auflösung der Banden in einzelne Linien mit einer Vollkommenheit durchgeführt, welche nur wenig zu wünschen übrig lässt. Um davon schon hier einige Beispiele zu geben, mag zunächst erwähnt werden, dass in jeder der helleren, weniger brechbaren Banden, die dritte Partialbande mit einer sehr intensiven Doppellinie beginnt, dass die zweite in Uebereinstimmung mit einer Vermuthung Thalén's ebenfalls mit einer Doppellinie und zwar einer sehr weiten anfängt, sowie schliesslich, dass die Lichtabstufungen selbst in mehrere feine scharfe Linien zerfallen. In den blauen und violetten Cannelirungen ist wegen der wachsenden Dispersion diese Auflösung noch deutlicher. Den Anfang jeder derselben bildet zunächst eine intensiv glänzende, in schwächeren Instrumenten als eine einfache helle Linie erscheinende Triplette, in welcher auf den Photogrammen sogar noch einzelne

feinere Linien beobachtet werden können. Auf diese Triplette folgt dann ein System eng aneinanderliegender heller und scharfer Linien, von denen gewöhnlich zwei auf dunklem Grunde besonders hervorragen. Von diesen Linien sind mehrere sogar für Ocularbeobachtung ohne besondere Schwierigkeit zugänglich, aber im Verhältniss zu dem, was auf den Photogrammen gemessen werden kann, jedenfalls nur in geringer Zahl. Nach einer dunklen Zone von geringer Breite kann dann in den dunkelsten Partieen der Banden das Auge unter günstigen Bedingungen einige ausserordentlich schwache Lichtstreifen von einer gewissen Breite nothdürftig erkennen, die sich indessen auf den photographischen Platten als deutliche, sehr charakteristische Tripletten darstellen. Die Gesammtzahl aller dieser Linien jeder Cannelirung ist eine sehr beträchtliche, und beträgt im Allgemeinen 70 bis 80. Die Wiedergabe derselben auf den Photogrammen ist so vollständig, dass wenig Aussicht vorhanden zu sein scheint, durch vermehrte Dispersion eine weitere Zerlegung zu erreichen, und wenn dazu noch berücksichtigt wird, dass die photographischen Aufnahmen mit derselben Treue sowohl die helleren Cannelirungen im Blau als die sehr schwachen, für das Auge nur als verschwommene Helligkeitsmaxima erkennbaren Banden im äussersten Violett wiedergiebt, so lässt sich behaupten, dass die vorliegende Darstellung derselben bereits eine Vollständigkeit erreicht hat, die schwerlich wesentlich weiter wird getrieben werden können.

Obgleich nun die Ocularbeobachtung mit den mir zugänglichen Hülfsmitteln, wie man finden wird, eine namhafte Menge Details ans Licht gefördert hat, so lässt sie sich jedoch bei weitem nicht in dieser Beziehung mit der photographischen Methode vergleichen. Es wäre deshalb von grosser Wichtigkeit gewesen, die letztere Methode womöglich auch auf die weniger brechbaren Theile des Spectrums auszudehnen. Die neuerdings von H. W. Vogel und Lohse gemachten Versuche für die weniger brechbaren Strahlen empfindliche Gelatinplatten herzustellen, liessen in dieser Hinsicht die Hoffnung zu, für die betreffenden Theile auch so schwacher Spectra, wie diejenigen der Gase, die Ocularbeobachtung durch die photographische ersetzen zu können; indessen haben meine in dieser Richtung mit in Eosin gebadeten Platten angestellten Versuche, obgleich nicht ganz erfolglos, jedoch bis jetzt nicht zu Resultaten geführt, die geeignet wären, die Ocularbeobachtung zu verdrängen.

Da nach dem Obigen das vorliegende Bandenspectrum so gut wie vollständig in einzelne scharfe Linien aufgelöst worden ist, so könnte die Vermuthung entstehen, dass dies mit allen ähnlichen Spectra unter Anwendung genügend kräftiger Hülfsmittel möglich sein werde. Es wäre dies in der That eine ebenso naheliegende Annahme, als diejenige, zu der die ersten Beobachtungen der Nebelflecke mit kräftigen optischen Hülfsmitteln führten, dass diese Gebilde nämlich nur als sehr weit entfernte Sternhaufen zu betrachten wären. Indessen wird dem wahrscheinlich nicht so sein; denn wenn auch die Auflösung in einigen Fällen, wie z. B. im vorliegenden und bei den Spectra der Kohlenverbindungen, des Schwefels, Selens und dgl. gelingt, so zeigen andererseits die schattirten Banden anderer Spectra, wie

z. B. diejenigen des Wasserstoffs bei höherem Drucke und die beiderseits verschwommenen Linien, welche in den Spectra mehrerer Metalle bei starken Entladungen vorkommen, bis jetzt keine Tendenz in einzelne Linien zu zerfallen.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehe ich jetzt zur näheren Auseinandersetzung meiner Untersuchungen über.

Cap. I.

Instrumente, Beobachtungs- und Reductionsmethode.

a) *Ocularbeobachtungen.*

1. Wie schon bemerkt, habe ich für die vorliegende Untersuchung dasselbe aus zwei vortrefflichen, mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Rutherfurd'schen Prismen von Prazmowski gebildete Spectroskop benutzt, welches zu meinen Untersuchungen über das zweite Spectrum des Wasserstoffs gedient hat. In Betreff der Einzelheiten der Construction desselben kann ich demnach auf meine diesbezügliche Abhandlung verweisen[1]). Der einzige Unterschied ist hier nur der, dass im Prismenkasten ein über denselben hinausragendes feines Thermometer, dessen Angaben durch ein in einiger Entfernung aufgestelltes Fernrohr abgelesen werden können, angebracht worden ist. Der Zweck dieser Anordnung wird weiter unten näher zur Sprache kommen. Die angewandten Spectralröhren, sowie die übrigen Hülfsapparate waren ebenfalls unverändert, nur die Intensität des Inductionsstroms ist, um die Helligkeit des Spectrums möglichst zu steigern, bei diesen Beobachtungen grösser gewesen, und zwar durch Anwendung von acht grossen Bunsen'schen Cellen als erregender Stromquelle auf das äusserste, der Rolle und den Röhren noch zuträgliche Maximum gebracht.

2. Die Beobachtungs- und Reductionsmethode ist bis auf einen gleich zu erwähnenden Punkt unverändert geblieben. Zunächst wurde also ein System von Reductionsfactoren durch Messung einer gewissen Anzahl von Linienpaaren des Sonnenspectrums und Vergleichung mit den entsprechenden Wellenlängendifferenzen nach den Ångström'schen Tafeln bestimmt und nach der Formel

$$f = a + b\lambda + c\lambda^2$$

mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Dadurch bekam ich den Ausdruck:

$$f = + 0{,}0921 - 0{,}05506\,\lambda + 0{,}00876\,\lambda^2,$$

woraus die folgenden Werthe der f sich ergeben:

---

1) Mém. de l'Acad. de St.-Pétersbourg, VII^e Sér. T. XXXI № 14.

λ	f	λ	f	λ	f	λ	f
660	0,1103	612	0,0834	564	0,0602	516	0,0413
658	1091	610	0823	562	0594	514	0406
656	1080	608	0812	560	0586	512	0399
654	1068	606	0802	558	0577	510	0392
652	1056	604	0792	556	0569	508	0385
650	1044	602	0782	554	0560	506	0379
648	1032	600	0772	552	0551	504	0372
646	1021	598	0761	550	0543	502	0365
644	1009	596	0752	548	0535	500	0359
642	0998	594	0742	546	0527	498	0352
640	0988	592	0732	544	0519	496	0346
638	0975	590	0723	542	0511	494	0339
636	0964	588	0714	540	0503	492	0333
634	0953	586	0704	538	0495	490	0327
632	0941	584	0694	536	0488	488	0321
630	0930	582	0685	534	0479	486	0315
628	0920	580	0675	532	0471	484	0308
626	0909	578	0666	530	0464	482	0302
624	0897	576	0657	528	0456	480	0297
622	0886	574	0648	526	0449	478	0292
620	0875	572	0639	524	0441	476	0286
618	0866	570	0629	522	0434	474	0280
616	0855	568	0620	520	0427	472	0275
614	0,0844	566	0,0611	518	0,0420	470	0,0269

Diese Factoren sind, wie eine nähere Vergleichung zeigt, etwas grösser als diejenigen, welche bei meinen Untersuchungen über das Wasserstoffspectrum benutzt wurden; es ist dies die Folge der etwas veränderten Lage der Prismen, welche bei einer vor dem Anfang der Beobachtungen als nöthig befundenen Neufüllung derselben mit Schwefelkohlenstoff entstanden ist. Die Bedeutung der Factoren ist übrigens dieselbe wie vorher; sie geben für denjenigen Ort im Spectrum, welcher durch die Zahl unter λ bezeichnet wird, den Werth eines Trommeltheils der Mikrometerschraube in Ångström'schen Einheiten ausgedrückt. Der wahrscheinliche Fehler eines f beträgt $\pm$ 0,0003.

3. Mit Hülfe dieser Factoren wurde nun zunächst eine Anzahl Hauptlinien des Stickstoffspectrums durch directe Vergleichung mit dem Sonnenspectrum mit der äussersten Schärfe bestimmt. Zu diesem Zweck eigneten sich vortrefflich die intensiven Linien, welche den weniger brechbaren Anfang der Banden des Spectrums bilden, und deren gegenseitiger Abstand in den weniger brechbaren und mittleren Theilen desselben hinreichend gering ist, um mit genügender Genauigkeit die Verbindung aller übrigen Linien mit den-

selben zu gestatten. Jede Hauptlinie wurde durch sechs unabhängige Messungen mit der zum Vergleich gewählten Sonnenlinie mikrometrisch verbunden, an's Mittel die Correction wegen Aenderung der Ablenkung durch die Schwankung der Temperatur während der Beobachtung und die Reduction auf eine allen Beobachtungen gemeinschaftliche Normaltemperatur angebracht, wonach schliesslich die mikrometrische Distanz nach der Formel

$$\Delta\lambda = f \,.\, \Delta i$$

in Wellenlängendifferenz verwandelt wurde. Das Argument des der obigen Tafel zu entnehmenden Factors f ist, wie in meiner erwähnten Abhandlung gezeigt wird, das Mittel der Wellenlängen der zu bestimmenden Linie und der Hauptlinie. Ein Beispiel mag dies näher erläutern:

Messung einer Hauptlinie im rothen Theil des Spectrums:

		Ablesung am Mikrom.	
$t = +17°,78$	N: 0,630	$\odot$: 1,260	$\Delta i = 0,630$
	700	300	600
	734	352	618
	799	385	586
	820	430	610
	860	470	610
			0,609
		Corr. wegen Aend. der Ablenk.	— 022
		Red. auf $+17°,0$	+ 002
			$\Delta i = 0,589$

$\lambda_\odot = 6399,02$
$f = 0,0985$
$\Delta\lambda = -5,78$ und
$\lambda = 6393,24$

In dieser Weise sind zwei von einander ganz unabhängige Beobachtungsreihen der gewählten Hauptlinien zu verschiedenen Zeiten ausgeführt worden, deren Resultate in der folgenden Tafel enthalten sind:

Reihe I.		Reihe II.		Mittel.	
⊙	λ	⊙	λ		
6632,70	6622,51	6642,50	6622,39	6622,45	—
6561,81	6543,53	id.	6543,28	6543,40	—
6461,70	6467,17	6474,57	6467,42	6467,30	67,20
6399,02	6393,24	id.	6393,15	6393,20	93,20
6334,29	6321,29	6335,91	6321,62	6321,45	21,34
6264,09	6251,66	id.	6251,62	6251,64	51,32
6190,50	6174,45	id	6174,18	6174,31	—
6135,63	6125,96	id.	6126,06	6126,01	—
6077,61	6068,25	id.	6068,29	6068,27	—
6019,14	6012,50	id.	6012,40	6012,45	11,87
5976,05	5957,92	id.	5957,90	5957,91	57,73
5913,15	5904,67	id.	5904,62	5904,64	04,75
5856,46	5853,05	id.	5853,14	5853,09	52,63
5815,52	5802,91	id.	5802,98	5802,94	02,42
5761,90	5753,77	id.	5753,89	5753,83	53,61
5708,31	5706,31	id.	5706,26	5706,28	06,00
5661,51	5659,24	id.	5659,21	5659,22	59,44
5614,51	5613,86	id.	5613,69	5613,77	—
5571,68	5569,03	id.	5569,03	5569,03	68,85
5527,40	5514,43	id.	5514,22	5514,32	13,96
5482,37	5477,49	id.	5477,57	5477,53	77,38
5445,93	5441,25	id.	5441,22	5441,23	41,19
5414,49	5406,22	5408,98	5406,20	5406,21	05,90
5382,33	5371,53	id.	5371,72	5371,62	71,80
5340,24	5338,56	id,	5338,66	5338,61	38,17
5306,47	5305,79	5315,92	5305,90	5305,84	05,86
5275,04	5274,00	id.	5273,95	5273,97	74,18
5249,66	5243,07	5246,09	5243,09	5243,08	42,88
5214,36	5212,56	id.	5212,86	5212,71	12,91
5188,18	5183,41	id.	5183,61	5183,51	83,39
5161,62	5154,44	5158,39	5154,63	5154,54	54,71
5132,96	5126,07	id.	5126,22	5126,15	26,21
5107,02	5098,73	5099,39	5098,60	5098,66	98,80
5074,10	5068,25	5064,49	5068,31	5068,28	68,83
4977,80	4975,75	4972,29	4975,67	4975,71	—
4918,17	4915,71	id.	4915,76	4915,73	—
F	—	—	—	4860,60	60,64
4817,06	4814,12	id.	4814,03	4814,07	—
4726,50	4722,71	id.	4722,70	4722,70	—
4650,42	4648,63	4653,70	4648,64	4648,63	—
4575,72	4573,61	4577,94	4573,47	4573,54	—
4490,06	4489,55	4493,81	4489,36	4489,45	—
4417,13	4415,94	4417,75	4415,86	4415,90	—
—	—	4359,23	4356,92	4356,92	—
4344,00	4343,07	4344,11	4343,11	4343,09	—

In dieser Tafel sind in den Columnen ⊙ diejenigen Sonnenlinien aufgeführt, auf welchen die unter λ für die Hauptlinien gefundenen Werthe beruhen[1]). Es ist dies zu dem Zweck geschehen, dass wenn in Zukunft diese Sonnenlinien irgend eine Correction erhalten, dieselbe Correction an die Hauptlinien und demnach an alle übrigen Linien des Gasspectrums wird angebracht werden können, welche zwischen der fraglichen Hauptlinie und der nächstfolgenden brechbareren liegen. Es sind nämlich in jeder Gruppe die Wellenlängen der Nebenlinien stets aus derjenigen der nächstliegenden weniger brechbaren Hauptlinie abgeleitet worden. In dieser Weise hoffe ich eine neue Durchmusterung des Spectrums überflüssig gemacht zu haben.

Die Vergleichung der Werthe der beiden Reihen mit einander zeigt eine sehr befriedigende Uebereinstimmung. Nur in zwei Fällen erreicht die Abweichung der Werthe von einander 0,30 Å. E., während dieselbe in mehr als der halben Anzahl unter 0,10 Å. E. bleibt. Ebenso befriedigend ist die Uebereinstimmung der Mittelwerthe mit den Zahlen der letzten Columne. Jeder dieser Letzteren ist mit Hülfe der Reductionsfactoren aus der direct bestimmten Wellenlänge der unmittelbar vorausgehenden Linie abgeleitet worden, um in der Uebereinstimmung mit der entsprechenden directen Bestimmung eine Controlle für die Art abzugeben, auf welche die Reductionsfactoren die Dispersionsverhältnisse des Apparats darstellen. Wie man sieht, lassen die Beobachtungen in dieser Hinsicht kaum etwas zu wünschen übrig.

4. Wie meine früheren Beobachtungen mit dem vorliegenden Apparat gezeigt haben, ist wegen der ausserordentlichen Empfindlichkeit des Schwefelkohlenstoffs gegen die geringste Aenderung der Temperatur die Ablenkung des Spectrums in jedem Augenblick veränderlich, und zwar um Grössen, die die unvermeidlichen Beobachtungsfehler vielfach übersteigen. Da eine Bestimmung der aus diesem Umstande entstehenden Correctionen der Beobachtungen aus Temperaturbeobachtungen an den Prismen und den optischen Constanten derselben, wegen der Unmöglichkeit zu einer hinlänglich genauen Kenntniss der ersteren in jedem Augenblick zu gelangen, nicht ausführbar ist[2]), so habe ich unter der sehr wahrscheinlichen Voraussetzung, dass für kurze Zeitintervalle die Temperaturveränderung der Prismen stetig erfolgt, bei meinen früheren Beobachtungen diese Correction aus dem Gange der Mikrometerablesungen selbst abgeleitet und wie die Resultate damals zeigten mit befriedigendem Erfolg. In derselben Weise ist auch mit den vorliegenden Beobachtungen verfahren. Aber nicht nur die Ablenkung des Spectrums ändert sich mit der Temperatur; auch die Dispersion wird eine andere, und zwar erfolgt die Aenderung in beiden Fällen in demselben Sinne, indem eine Steigerung der Temperatur eine Abnahme beider Grössen herbeiführt. Nun sind allerdings die Variationen der Dispersion, wie aus

1) Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass das Zeichen id. sich jedesmal auf die Sonnenlinie der Reihe I und nicht auf die vorhergehende Linie der Reihe II bezieht.

2) Siehe den Zusatz zu dieser Abhandlung.

den Untersuchungen V. d. Willigen's [1]) hervorgeht, im Verhältniss zu denjenigen der Ablenkung als Grössen höherer Ordnung zu betrachten, und ich habe deshalb bei meinen Beobachtungen des Wasserstoffspectrums, wo im Allgemeinen nur kleine Distanzen gemessen wurden, dieselben vernachlässigen zu können geglaubt. Sind aber die Abstände der Linien etwas grösser und betragen die Temperaturunterschiede bei den verschiedenen Beobachtungen mehr als $\pm 2°$, so sind auch die darauf bezüglichen Correctionen nicht zu vernachlässigen. Für die vorliegende Untersuchung habe ich dieselben dadurch ermittelt, dass in verschiedenen Theilen des Sonnenspectrums ausgewählte Linienpaare bei möglichst verschiedenen Temperaturen gemessen wurden, worauf aus dem Unterschied der so gefundenen Distanzen und demjenigen der Temperatur die Variation für $\Delta t = 1°$ bestimmt wurde. Das Verhältniss dieser Grösse zur gemessenen Distanz selbst giebt dann für die betreffende Stelle des Spectrums den gesuchten Contractionscoëfficienten ε. Diese Beobachtungen sind in der folgenden Tafel enthalten:

λ	t	Δ	$\varepsilon = \frac{d\Delta/dt}{\Delta}$	λ	t	Δ	$\varepsilon = \frac{d\Delta/dt}{\Delta}$
		r				r	
652	14,78	9,599		520	13,92	6,228	
	18,07	509			18,54	099	
	3,29	−0,090	−0,0029		4,62	−0,129	−0,0045
616	14,85	8,208		502	14,00	6,230	
	18,19	109			17,03	161	
	3,34	0,099	0,0036		3,03	0,069	0,0036
588	14,95	5,450		490	14,06	8,406	
	18,23	383			17,10	310	
	3,28	0,067	0,0037		3,04	0,096	0,0038
564	15,03	7,213		474	14,21	6,173	
	18,30	135			17,63	072	
	3,27	0,078	0,0038		3,42	0,101	0,0048
543	15,15	7,855		459	14,55	6,135	
	18,36	776			17,44	065	
	3,21	0,079	0,0031		2,89	0,070	0,0039
531	13,46	4,696		448	14,62	8,755	
	16,43	650			17,55	661	
	2,97	0,046	0,0033		2,93	0,094	0,0037

1) Archives du Musée Teyler. III. p. 55.

Wie man sieht, sind die Werthe von ε in den verschiedenen Theilen des Spectrums von einander so wenig verschieden, dass sie ohne weiteres zu einem gemeinschaftlichen Mittel vereinigt werden können. Es wird dieses

$$\varepsilon = -0{,}0037$$

und wenn wir die Temperatur von $+17°$, welche in meinem Beobachtungslocal die gewöhnlichste ist, als Normaltemperatur annehmen, so lässt sich die Dispersionscorrection durch Reduction der Beobachtungen auf dieselbe nach der Formel

$$d_{17} = d_t \{1 + 0{,}0037\ (t - 17)\}$$

berücksichtigen. Da der Coefficient ε an sich klein ist, so ist für diese Reduction keine sehr scharfe Kenntniss der Temperatur der Prismen nöthig, sondern es reichen die Angaben eines mit der Kugel in den Prismenkasten eingestellten Thermometers dazu aus. Diesem Zweck dient das oben erwähnte Thermometer. Die Ablesung desselben durch's Fernrohr hat zunächst den Zweck die Annäherung des Beobachters an die Prismen zu vermeiden, da aber, wie weiter unten bei der Besprechung der photographischen Beobachtungen sich zeigen wird, die Temperaturvariationen der Prismen viel besser als vermuthet werden konnte den Angaben des Thermometers entsprechen, so ist die durch das Fernrohr bedingte grössere Genauigkeit der Ablesung, durchaus nicht als illusorisch zu betrachten.

Mit Hülfe der obigen Formel sind alle Beobachtungen, sowohl diejenigen, auf welchen die Reductionsfactoren beruhen, als die Messungen des Gasspectrums verbessert worden. Der Einfluss auf die ersteren wird erst für Temperaturdifferenzen von $\pm 2°$ merklich. Denn setzen wir für $17°$

$$f = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = f_0$$

so wird für $t°$

$$f_1 = f_0 \{1 - \varepsilon\,(t - 17)\}$$

und wenn z. B. $t = 19°$

$$f_{19} - f_0 = +0{,}0074\ f_0$$

Für die mittleren Theile des Spectrums ist beiläufig $f = 0{,}04$ und es wird sonach:

$$f_{19} - f_0 = +0{,}0003$$

oder der durch Vernachlässigung der Dispersionscorrection entstehende Fehler erreicht an Grösse den wahrscheinlichen Fehler des Factors. Die bei meinen Untersuchungen des Wassestoffspectrums versuchte Beschränkung der Temperaturvariationen im Beobachtungslocal auf ein Gebiet von 3 bis 4° hat bei den vorliegenden Untersuchungen nicht streng durchgeführt werden können, und somit wird die obige Correction der Factoren nicht als überflüssig zu betrachten sein.

Aus den Zahlen der obigen Tafel ersieht man, dass die Unterschiede der Messungen einer und derselben Distanz bei verschiedenen Temperaturen sehr beträchtlich sind, namentlich wenn die Abstände selbst bedeutendere Werthe erreichen. Da der wahrscheinliche Fehler einer gemessenen Distanz zwischen zwei Linien selten mehr als $\pm$ 0,005 und in Maximo $\pm$0,010 beträgt, so ist bei grösserem Werth derselben die Correction mehrfach grösser als die Unsicherheit der Messung, oder die Beobachtungen sind viel zu genau, um dieselbe vernachlässigen zu können. Zwar steht der Ausweg immer offen nur kleine Distanzen zu messen, und dies wurde auch bei meinen früheren Beobachtungen nach Möglichkeit angestrebt; im vorliegenden Falle aber, und namentlich bei der Ausmessung der Photogramme der brechbareren Theile des Spectrums war dies zu erreichen nicht immer möglich.

5. Nach den hier dargelegten Principien sind alle Ocularbeobachtungen des Spectrums, bei denen jede Linie vier mal eingestellt wurde, reducirt. Die folgende als Beispiel hier aufgeführte Liniengruppe mag dazu dienen den Gang dieser Reduction zu erläutern. In der ersten Columne ist die Temperatur der Prismen angegeben, in der zweiten das Mittel der 4 einzelnen Messungen des Abstandes von der Hauptlinie und in den beiden folgenden die Correctionen wegen der Variation der Ablenkung und der Dispersion. Die fünfte Columne giebt die corrigirte Distanz, während in den drei folgenden resp. der angewandte Reductionsfactor, die erhaltene Wellenlängendifferenz und die schliessliche Wellenlänge enthalten sind. Die letzte Columne giebt die beiläufige Intensität der Linien, geschätzt nach den Zahlen 1 — 6.

t	Δi	δt_1	δt_2	Δi_1	f	$\Delta\lambda$	λ	j
	r 0,000						**5853,09**	5
	1,049	—0,004	—0,011	1,034	6,99	— 7,23	45,86	4
	1,707	2	19	1,686	6,98	11,77	41,32	2
	1,981	4	22	1,955	—	13,64	39,45	2
	2,166	6	24	2,136	6,97	14,89	38,20	1
	2,394	8	26	2,360	—	16,45	36,64	1,2
	2,609	10	29	2,570	6,96	17,89	35,20	1
	2,822	12	31	2,779	—	19,35	33,74	1
	3,025	14	33	2,978	6,95	20,70	32,39	1
	3,253	0	36	3,217	—	22,36	30,73	3
	3,433	2	37	3,394	—	23,59	29,50	3
14°0	3,654	4	40	3,610	6,94	25,05	28,04	1
	3,802	6	42	3,754	—	26,06	27,03	1
	3,999	8	44	3,947	—	27,40	25,69	1
	4,151	10	45	4,096	—	28,43	24,66	1
	4,443	12	48	4,383	6,93	30,38	22,71	2

t	Δi	δt_1	δt_2	Δi_1	f	$\Delta\lambda$	λ	j
	r							
	4,701	−0,014	−0,052	4,635	—	−32,12	5820,97	1
	4,884	16	54	4,814	6,92	33,32	19,77	1,2
	5,111	+ 3	56	5,058	—	35,01	18,08	1
	5,426	6	59	5,373	—	37,19	15,90	1,2
	5,828	9	64	5,773	6,91	39,89	13,20	1
	6,172	12	68	6,116	—	42,26	10,83	1,2
	6,686	15	74	6,627	6,90	45,73	07,36	1
	7,034	18	77	6,975	—	48,05	05,04	1

In den weiter unten folgenden Wellenlängentafeln gebe ich in zusammenhängender Folge mit den Resultaten der photographischen Beobachtungen die Wellenlängen sämmtlicher in dieser Weise bestimmter Linien des Spectrums. Fast alle diese Linien sind vorzüglich scharf, nur die hellsten derselben zeigen eine schmale nach der brechbareren Seite hin ziemlich rasch verlaufende Schattirung, die die Möglichkeit einer noch weiter gehenden Auflösung anzeigen dürfte. Im Uebrigen ist der ganze Hintergrund des Spectrums, sogar in den dunkelsten Partieen desselben schwach erleuchtet, ob diese Erleuchtung aber als eine streng genommen continuirliche oder als durch noch dichter aneinander liegende schwache Linien entstandene zu betrachten sein wird, darüber lässt sich gegenwärtig wenigstens nichts entscheiden.

b) *Photographische Beobachtungen.*

1. Wie schon Eingangs erwähnt wurde, ist der Reichthum an Linien in den brechbareren Theilen des vorliegenden Spectrums ein so grosser, dass namentlich mit Rücksicht auf die Lichtschwäche der Mehrzahl derselben eine auch nur einigermaassen vollständige Durchmusterung dieser Theile durch Ocularbeobachtungen vollkommen unmöglich erscheint. Dieser Umstand brachte mich bald auf den Gedanken die Photographie zu Hülfe zu nehmen, um so mehr als die hohe Empfindlichkeit, welche den jetzt zugänglichen Bromsilbergelatin-Trockenplatten gegeben werden kann, schon im Voraus einen befriedigenden Erfolg versprach. Derartige Versuche die Spectra der Gase in Geissler'schen Röhren zu photographiren sind, seitdem die Trockenplatten-Photographie in den letzten Jahren eine vorher nicht geahnte Entwicklung erfahren, so viel ich weiss, nur von H. W. Vogel[1]) in Berlin gemacht worden, indessen, wie es scheint, nicht mit genügend kräftigen spectroskopischen Hülfsmitteln um feinere Details oder scharfe Wellenlängenbestimmungen zu erhalten. Die vorliegenden Untersuchungen leisten in beiderlei Hinsicht mehr als ich anfangs zu hoffen wagte,

1) Berlin. Monatsber. 1879. pp. 115. 586.

und es scheint sich somit für die spectroskopische Forschung ein Gebiet zu eröffnen, auf dem ohne Zweifel Resultate vom höchsten Interesse zu gewinnen sein werden.

2. Für die photographischen Aufnahmen des Spectrums wurde der Mikrometerkopf des Fernrohrs abgenommen und durch eine kleine Camera ersetzt, deren Cassette Platten von $7{,}5 \times 7{,}8$ Centimeter aufnehmen konnte. Der Auszug der Camera war, um die Focalstellung für die verschiedenen Theile des Spectrums zu fixiren mit einer Millimeterskale versehen, und hinter dem Cassettenrahmen war zum Zweck der feinen Einstellung eine Fassung für das gewöhnlich benutzte Ocular des Mikrometers angebracht. Diese Einstellung wurde folgendermaassen ausgeführt. Statt der präparirten Platte wurde in die Cassette eine planparallele Glasscheibe, auf deren dem Objectiv des Fernrohrs zugewandter Seite ein feines, mit Diamant gezogenes Kreuz sich befand, eingesetzt und mit dem Ocular scharf eingestellt. Nachher wurde der Auszug der Camera so lange verstellt, bis die Linien des Sonnenspectrums gleichzeitig mit dem Kreuz scharf erschienen. Es ist dann klar, dass die vordere Fläche der Glasscheibe mit der Focalebene der betreffenden Strahlen zusammenfällt und dass, wenn die Glasscheibe durch die präparirte Platte ersetzt wird, die empfindliche Schicht derselben ebenfalls die richtige Lage erhalten muss.

3. Die von mir benutzten Platten waren sämmtlich von Warnerke u. Co. in Petersburg präparirt, und zwar, mit Rücksicht auf die Lichtschwäche der meisten Theile des Gasspectrums, die Empfindlichkeit derselben auf mein Verlangen soviel wie überhaupt möglich gesteigert. Diese Empfindlichkeit lässt sich am besten aus der zur Erzielung eines ausexponirten Bildes nöthigen Expositionsdauer beurtheilen. Mit einer Spaltweite, fein genug um fast alle Linien des Vogel'schen Atlas des Sonnenspectrums scharf erkennen zu lassen, und in welcher auch für das Gasspectrum keine Veränderung vorgenommen wurde, war die Pose im Blauen des Sonnenspectrums, etwa bei $\lambda = 450$, je nach der Reinheit der Luft 2 bis 4 Sekunden. Dieselbe wächst dann allmählich nach beiden Seiten auf 10^s bis 15^s im äussersten Violett und im Hellblau. Für die noch weniger brechbaren Theile des Spectrums nimmt die Empfindlichkeit sehr rasch ab, so dass z. B. in der Gegend von *b* eine Expositionsdauer von 3 Minuten erforderlich wird. — Für das Gasspectrum ist eine Exposition vom 60- bis 100-maligen Betrag zu nehmen, oder dieselbe variirt in den verschiedenen zwischen *F* und *H* liegenden Theilen des Spectrums zwischen etwa 4 Minuten und einer halben Stunde. Natürlich ist hier die Intensität des Stroms der Inductionsrolle von grossem Einfluss. Die Bedeutung dieser Zahlen in Bezug auf das Verhältniss der Empfindlichkeit der Gelatinplatten zu derjenigen gewöhnlicher nasser Collodionplatten springt sofort in die Augen, wenn man sich erinnert, dass z. B. Vogel in Potsdam für seine Aufnahmen des Sonnenspectrums mit Platten der letzteren Art 8 bis 20 Minuten zu exponiren nöthig gehabt hat. Mit derartigen Platten wären offenbar befriedigende Aufnahmen des Stickstoffspectrums unter den vorliegenden Verhältnissen der Dispersion vollkommen unausführbar.

Um auf den Platten scharfe, für mikrometrische Messung geeignete Bilder der aus

dicht aneinander liegenden Linien bestehenden Banden des Spectrums zu erhalten, ist es offenbar eine unumgängliche Bedingung, dass das Focalbild während der Exposition in Bezug auf die Platte vollkommen unbeweglich bleibt, da sonst die Linien in einander zusammenfliessen würden. Bei dem grossen Einfluss, welchen die geringsten Temperaturveränderungen der Prismen auf die Ablenkung des Spectrums ausüben, ist dies die grösste Schwierigkeit der ganzen Operation. Die Erfahrung hat mir nun gezeigt, dass in dieser Hinsicht befriedigende Resultate erhalten werden, wenn es gelingt die Angaben des Thermometers während der Exposition innerhalb $\pm 0^{\circ}02$ constant zu erhalten; in diesem Falle sind die Linien vorzüglich scharf und lassen eine sehr genaue Einstellung unter dem Mikroskop des Messapparats zu. Findet aber während der Exposition eine Temperaturänderung von $0^{\circ}04$ oder $0^{\circ}05$ statt, so ist es von vorn herein sicher, dass die Linien verschwommen, und für die Messung untauglich ausfallen. Für kurze Expositionen, von 4 bis 10 Minuten, liess sich die obengenannte Constanz der Temperatur verhältnissmässig leicht erreichen, namentlich wenn die Aufnahmen in den Nachmittagsstunden vorgenommen wurden, nachdem die Sonne den verschlossenen Fensterladen des Beobachtungslocals zu bestrahlen aufgehört hatte und das täglich zu dieser Zeit eintretende Temperaturmaximum desselben erreicht war. Für die in der Nähe von *F* liegenden Theile des Spectrums aber, welche eine Exposition von 30^{m} oder mehr erheischen, sowie bei der Herstellung der gleich zu erwähnenden Doppelaufnahmen des Sonnen- und Gasspectrums zur Bestimmung der Hauptlinien des letzteren, die bei bestrahltem Fenster Vormittags stattfinden mussten, war die Schwierigkeit eine ungleich grössere. Indessen ist es mir durch Anwendung eines passenden Luftzugs oder durch Auflegen eines feuchten Handtuchs auf den Prismenkasten, eventuell durch Anzünden einer Kerze in der Nähe des Apparats auch in diesem Falle gelungen die Temperaturverhältnisse so zu reguliren, dass die resultirenden Aufnahmen eine genügende Schärfe zeigen.

Nach der Exposition wurden die Platten mit dem gewöhnlichen Eisenoxalatentwickler behandelt und mit unterschwefligsaurem Natron fixirt.

4. Zur Ausmessung der Platten habe ich eine vortreffliche, der Sternwarte gehörende Längentheilmaschine von Ertel angewandt. Es ist dies dieselbe Maschine, welche zur Messung der in Possiet aufgenommenen Photogramme des Venusdurchgangs vom Jahre 1874 benutzt wurde, und von deren Haupttheilen ich in meiner diesen Gegenstand behandelnden Abhandlung[1]) eine kurze Beschreibung gegeben habe. Für die vorliegenden Messungen wurde auf der durch die Schraube derselben bewegten Kupferplatte ein kleiner durchbrochener Tisch angebracht, auf welchem die Photogramme des Spectrums befestigt wurden. Mittelst eines rechtwinkligen, unter diesem Tisch aufgestellten Prismas wurde das Licht des Fensters auf die Spectralbilder geworfen und gelangte von dort in das über

1) Russische Expeditionen zur Beobachtung des Venusdurchgangs 1874. Abth. II, № 1. Bearbeitung der Photographischen Aufnahmen im Hafen Possiet von Dr. B. Hasselberg. St. Petersburg 1877.

denselben senkrecht stehende, von einer soliden, messingenen Säule getragene Mikroskop. Da die der Theilmaschine gehörenden Mikroskope keine für den vorliegenden Zweck passende Vergrösserung besitzen, so habe ich dieselben durch das Mikroskop des zur Ausmessung der Sonnenflecken dienenden Apparats von De la Rue ersetzt, dessen Vergrösserung etwa 10 beträgt. Die Einstellung der Spectrallinien auf den Faden dieses Mikroskops ist eine sehr genaue; im Allgemeinen kann der w. Fehler einer Einstellung kleiner als 0,5 Trommeltheile der Schraube gesetzt werden, was etwa 0,003 Millimeter oder höchstens 0,04 Å. E. entspricht.

Bei meiner Bearbeitung der Aufnahmen des Venusdurchgangs wurde zur Ausmessung des Focalgitters des Heliographen eine kleine Strecke von 40 Umgängen der Schraube auf mögliche Unregelmässigkeiten besonders sorgfältig untersucht. Als Abweichung vom mittleren Werth eines Schraubenumgangs fand ich damals[1]):

Zwischen den Umgängen.		
440 und 444	$\Delta =$	+ 0,00040
444 » 448		— 0,00006
448 » 452		+ 0,00032
452 » 456		— 0,00009
456 » 460		— 0,00018
460 » 464		— 0,00002
464 » 468		— 0,00026
468 » 472		— 0,00019
472 » 476		+ 0,00002
476 » 480		+ 0,00007

Dieselbe Abtheilung der Schraube habe ich für die Messungen der Spectralphotogramme benutzt. Wie man sieht, sind aber die Abweichungen vom mittleren Schraubenumgang so gering, dass eine Berücksichtigung derselben hier keine Bedeutung hat, da sie kaum den zehnten Theil der wahrscheinlichen Einstellungsfehler betragen. Dasselbe lässt sich im Allgemeinen von dem Fehler wegen Excentricität der Trommel sagen, und ich habe dieselben deshalb nur bei den Messungen zur Bestimmung der Reductionsfactoren in der Weise berücksichtigt, dass die Einstellungen von zwei um 180° von einander getrennten Punkten derselben ausgeführt wurden. Die Unterschiede der Werthe sind jedoch so klein, dass sie keinen nennenswerthen Einfluss auf die schliesslich gefundenen Factoren auszuüben vermögen.

5. Was die Temperaturcorrectionen betrifft, so ist es zunächst klar, dass so lange es sich nur um die Verbindung der einzelnen Linien einer einzigen Aufnahme unter sich, also um diejenige der Nebenlinien mit der nächsten Hauptlinie handelt, jede Correc-

1) a. a. O. p. 13.

tion wegen Aenderung der Ablenkung wegfällt, da alle auf einer und derselben Platte befindlichen Linien durch eine solche Verschiebung gleich beeinflusst werden, und somit aus diesem Grunde in ihrer gegenseitigen Lage keine Aenderung erfahren. Bei der Ableitung der Wellenlängen der Hauptlinien aus den gleich näher zu besprechenden Doppelaufnahmen ist dies dagegen nicht länger der Fall, da bei diesen Aufnahmen fast immer eine kleine, aber deutlich ausgesprochene Verschiebung der beiden Spectra gegen einander stattfindet, die durch eine entsprechende Correction der Messungen in Betracht zu ziehen ist. Die Correction wegen Aenderung der Dispersion ist stets zu berücksichtigen, um so mehr als hier häufig erheblich grössere Distanzen gemessen worden sind als diejenigen, welche bei den Ocularbeobachtungen vorkommen. Die Berechnung derselben geschieht mit Hülfe des schon oben bestimmten Contractionscoefficienten ε.

Es bleibt noch eine kleine, bisweilen nöthig gewordene Correction der Messungen zu erwähnen. Wenn nämlich, wie es gelegentlich vorgekommen ist, die Aufnahme eines Theils des Gasspectrums nicht genau bei derselben Focaleinstellung der Camera stattgefunden hat, welche für den entsprechenden Theil des Sonnenspectrums, aus welchem die Reductionsfactoren abgeleitet sind, benutzt wurde, so ist es klar, dass der Anwendung dieser Factoren zur Reduction der Messungen der erstgenannten Aufnahme eine Reduction auf dieselbe Focaldistanz vorausgehen muss. Da die Brennweite des Fernrohrs sehr nahe 811^{mm} beträgt, so wird bei einer Focusdifferenz der beiden Aufnahmen von $\pm \Delta F^{mm}$ diese Correction

$$, = \mp \frac{\Delta F}{811} \Delta i$$

wenn Δi die auf der Platte gemessene Entfernung zweier Linien bezeichnet.

6. Um mit Hülfe der Ausmessungen der Platten zur Kenntniss der Wellenlängen der Linien zu gelangen, ist hier, wie bei den Ocularbeobachtungen, die Ableitung eines Systems von Reductionsfactoren für die Schraube der Theilmaschine die erste auszuführende Arbeit. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe Aufnahmen der Strecke *F* bis *H* des Sonnenspectrums gemacht und auf denselben die gegenseitigen Abstände der Componenten einer Anzahl Linienpaare möglichst scharf gemessen. Die Vergleichung mit den entsprechenden Wellenlängendifferenzen geben dann unmittelbar die der mittleren Wellenlänge gehörenden Reductionsfactoren. Bei diesen Bestimmungen, sowie überhaupt für die Untersuchung des ganzen vorliegenden Theils des Spectrums, habe ich mich ausschliesslich der Vogel'schen Wellenlängentafeln und Zeichnungen des Sonnenspectrums bedient, einmal weil die Zahl der in Ångström's Atlas für diese Theile des Spectrums aufgeführten Linien viel zu gering ist, um eine Orientirung im Spectrum bei der von mir angewandten Dispersion zu ermöglichen, dann aber auch weil die Vogel'schen Mikrometermessungen unstreitbar etwas grössere Schärfe besitzen.

Die direct gefundenen Factoren wurden nun einer Ausgleichung mit Hülfe der Me-

thode der kleinsten Quadrate unterworfen, wodurch ich zu dem Ausdruck gelangte:

$$f = +\ 0{,}0940 - 0{,}07692\ \lambda + 0{,}014908\ \lambda^2$$

aus dem die folgende Tafel berechnet worden ist:

λ	*f*	λ	*f*	λ	*f*
490	0,0750	456	0,0532	422	0,0350
488	0737	454	0521	420	0339
486	0723	452	0509	418	0330
484	0709	450	0498	416	0320
482	0695	448	0487	414	0311
480	0682	446	0475	412	0301
478	0670	444	0464	410	0292
476	0657	442	0453	408	0283
474	0644	440	0443	406	0275
472	0631	438	0431	404	0266
470	0618	436	0421	402	0257
468	0605	434	0410	400	0248
466	0593	432	0399	398	0239
464	0580	430	0389	396	0230
462	0568	428	0378	394	0221
460	0557	426	0369	392	0212
458	0544	424	0359		

Es braucht wohl kaum besonders bemerkt zu werden, dass die Bedeutung der Zahlen hier vollkommen dieselbe ist wie früher. Der wahrscheinliche Fehler eines *f* wurde auch hier $= \pm 0{,}0003$ gefunden.

7. Schon im Anfange meiner Beobachtungen hatte ich durch Ocularbeobachtung die Wellenlängen der glänzenden Anfangslinien einiger der helleren Banden durch scharfe Vergleichung mit dem Sonnenspectrum bestimmt. Die Ausmessungen der Photogramme waren aber nicht weit fortgeschritten, als es sich deutlich herausstellte, dass mit Rücksicht auf die Güte dieser Messungen und den Betrag des wahrscheinlichen Fehlers der Factoren eine einzige Hauptlinie für jede Cannelirung nicht die gewünschte Genauigkeit der Bestimmung der übrigen Linien gewährte, sondern dass dazu mindestens noch eine oder zwei zwischenliegende Fundamentallinien erforderlich waren. Da die Unmöglichkeit diese Linien durch Ocularbeobachtungen mit dem Sonnenspectrum zu verbinden ohne Weiteres einleuchtet, so habe ich mich zu diesem Zweck einer Reihe besonderer Doppelaufnahmen bedient, die auf einer und derselben Platte das Gasspectrum und dasjenige der Sonne dicht

neben einander zeigen. Zur Herstellung dieser Aufnahmen wurden auf der Spaltplatte des Spectroskops zwei kleine, um eine gemeinschaftliche Achse bewegliche messingene Klappen derart angebracht, dass durch jede derselben eine Hälfte des Spalts verdeckt werden konnte. Wenn man nun durch die eine Hälfte des Spalts in gewöhnlicher Weise eine Aufnahme des Gasspectrums macht, während die andere Hälfte geschlossen bleibt, und dann nach Wegschieben der Spectralröhre und Vertauschen der Spalthälften das Sonnenlicht hineinlässt, so ist es klar, dass man auf der photographischen Platte die beiden Spectra um so genauer sich aneinander anschliessend erhalten wird, je genauer die Klappen gearbeitet sind. In dieser Beziehung hat sich die in der hiesigen mechanischen Werksatt angefertigte kleine Vorrichtung ganz vortrefflich bewährt. Hat man nun ausserdem die Expositionszeiten in jedem Falle richtig abgemessen, so dass bei der Entwickelung der Platte beide Spectra gleichmässig hervortreten, so lässt sich die Wellenlänge jeder Linie durch Verbindung mit angrenzenden Sonnenlinien auf der Theilmaschine mit sehr grosser Genauigkeit und Leichtigkeit ermitteln.

Bei diesen Bestimmungen ist aber ein Umstand genau zu beachten. Es ist zwar oben gesagt, dass, um scharfe Aufnahmen zu erhalten, die Temperatur der Prismen während der Exposition innerhalb enger Grenzen constant erhalten werden muss; — eine Aenderung derselben aber um 0°,01 oder 0°,02, welche auf die Schärfe der Linien keinen nachtheiligen Einfluss ausübt, lässt sich selten vermeiden, ist aber hinreichend, um eine merkliche Verschiebung des einen Spectrums gegen das andere zu bewirken. Da nun das Sonnenspectrum stets nach dem Gasspectrum aufgenommen wurde, so muss bei steigender Temperatur und damit verbundener Abnahme der Ablenkung der Effect der sein, dass das Gasspectrum in Bezug auf das Sonnenspectrum etwas nach dem Violett verschoben erscheint, oder dass die unmittelbar aus den beiden Spectra erhaltene Wellenlänge einer Gaslinie etwas zu klein ausfällt. Um die durch diese Fehlerquelle bedingte Correction der Beobachtungen zu ermitteln, wurden einige Doppelaufnahmen des Sonnenspectrums bei etwas verschiedener Temperatur aber im Uebrigen vollkommen unberührtem Zustand des Apparats hergestellt und durch Messung der der beobachteten Temperaturdifferenz entsprechenden relativen Verschiebung die Correction der Wellenlängen c für 0°,01 bestimmt. Dadurch bekam ich:

Bei $\lambda = 475$	$c = +0{,}33$ Å.E.
465	30
455	27
445	23
435	18
425	15
415	13,5
405	12

Ist nun beim Anfang der Aufnahme des Gasspectrums die Temperatur t, und nach der Aufnahme des Sonnenspectrums $t + \Delta t$ beobachtet worden, so fällt wegen der kurzen

Pose des letzteren fast die ganze Veränderung der Temperatur auf die Zeit der Aufnahme des ersteren Spectrums, und da bei den Messungen die Mitte oder die dunkelste Stelle der Gaslinien eingestellt wird, so muss die Verschiebung der beiden Spectra gegen einander sehr genau einer Temperaturveränderung von $\frac{1}{2}\Delta t$ entsprechen. Die den aus den Messungen direct folgenden Wellenlängen hinzuzufügende Correction beträgt demnach:

$$\delta\lambda = + \tfrac{1}{2}\, c.\Delta t$$

wenn Δt die beobachtete Temperatursteigerung während der Aufnahme der Platte bezeichnet.

Gewöhnlich wurden in jeder Cannelirung ausser der Anfangslinie noch zwei im Innern derselben liegende Linien als Hauptlinien gewählt und ihre Wellenlänge durch Verbindung mit je zwei naheliegenden Sonnenlinien bestimmt. Ein Beispiel wird die bei diesen Messungen befolgte Methode am besten erläutern.

Bestimmung einer Hauptlinie der Gruppe γ (Linie γ_1).

$t = 17°73$ vor
$= 17,76$ nach } der Aufnahme.

Ablesung auf der Theilmaschine.

N: 442,213	$\odot$: 442,750	— 0,537
205	750	545
220	745	525
		— 0,536

$\lambda_\odot = 4651,32$ $\quad f = 5,86$ $\quad \therefore \Delta\lambda = - 3,13$

$\lambda = 4648,19$ ..... (I)

$\odot$: 441,750	N: 442,212	+ 0,462
743	218	475
742	209	467
		+ 0,468

$\lambda_\odot = 4645,35$ $\quad f = 5,84$ $\quad \therefore \Delta\lambda = + 2,73$

$\lambda = 4648,08$ ..... (II)

Das Mittel aus I und II wird:

$$\lambda = 4648{,}13$$
$$\text{Corr. } \delta\lambda = + \quad 0{,}45$$
$$\lambda = 4648{,}58$$

Die directe Ocularbeobachtung hatte gegeben:

$$\lambda = 4648{,}63.$$

Man sieht, dass nur durch Anbringen der Correction $\delta\lambda$ eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen dem auf photographischem Wege abgeleiteten Werth der Wellenlänge und demjenigen der directen Ocularbeobachtung erreicht wird. Dies ist bei allen übrigen Linien, für welche Bestimmungen beiderlei Art vorliegen, ebenfalls der Fall, und es dürfte in diesem Umstand nicht nur ein Beweis für die Realität der Correctionen $\delta\lambda$ gesehen werden können, sondern es geht daraus auch nebenbei hervor, dass die Angaben des Thermometers die Temperaturschwankungen der Prismen bei weitem besser darstellen als man a priori hätte erwarten können. Dass trotzdem diese Angaben lange nicht diejenige Schärfe besitzen, welche zur theoretischen Berechnung der Correctionen wegen Aenderung der Ablenkung der Prismen nöthig ist, geht aus den im Zusatz zu dieser Abhandlung gegebenen Betrachtungen genügend hervor.

Die in dieser Weise für die Hauptlinien der brechbareren Theile des Spectrums erhaltenen Wellenlängen zeigt die folgende Tafel. Die erste Columne derselben giebt die Bezeichnung der Gruppen, die zweite die aus der entsprechenden Tafel der ersten Abtheilung reproducirten, durch Ocularbeobachtung bestimmten Wellenlängen einiger der hellsten Anfangslinien, während in der dritten und vierten Columne resp. die bei den Messungen der Doppelaufnahmen zu Grunde gelegten Sonnenlinien und die schliesslichen Wellenlängen der Gaslinien aufgeführt sind. Die letzte Columne schliesslich zeigt die Werthe der Wellenlängen, welche für jede Linie aus derjenigen der vorhergehenden mit Hülfe der Reductionsfactoren berechnet worden sind.

Bezeichnung der Gruppen.	Ocular-Beobachtung.	Photographische Beobachtung. ⊙	Photographische Beobachtung. λ	Abgeleitet aus der vorhergehenden Linie.
α	4814,07	—	—	4814,22
β	4722,70	4726,50 4713,57	4722,66	4722,84
	—	4697,84 4690,60	4693,57	4694,00
	—	4666,53 4662,35	4664,40	4664,55

Bezeichnung der Gruppen.	Ocular-Beobachtung.	Photographische Beobachtung. ⊙	Photographische Beobachtung. λ	Abgeleitet aus der vorhergehenden Linie.
	4648,63	4651,32 4645,35	4648,58	4648,65
γ	—	4624,29 4612,55	4619,18	4619,35
	—	4602,25 4591,94	4598,99	4599,12
	4573,54	4570,51 4575,72	4573,55	—
δ	—	4548,96 4553,41	4551,06	4551,16
	4489,45	4493,81 4484,98	4489,35	4489,58
ε	—	4467,93 4459,76	4465,90	4465,67
	—	4447,21 4441,81	4444,23	4444,13
	4415,90	4417,13 4407,93	4415,89	4415,94
η	—	4388,00 4390,56	4389,29	4389,15
ζ	4356,92	4354,19 4359,23	4356,90	4356,92
	4343,09	4340,93 4344,00	4343,17	4343,30
ζ_1	—	4313,10 4318,15	4314,61	4314,62
	—	4273,19 4267,55	4269,41	—
ι	—	4254,03 4250,08	4251,95	4252,02
	—	4239,43 4234,81	4237,87	4237,92

Bezeichnung der Gruppen.	Ocular-Beobachtung.	Photographische Beobachtung. ⊙	Photographische Beobachtung. λ	Abgeleitet aus der vorhergehenden Linie.
	—	4203,49 4198,62	4200,99	4200,85
κ	—	4184,50 4180,37	4182,71	4182,47
	—	4172,13 4169,18	4170,84	4170,94
	—	4142,77 4139,25	4141,07	4141,23
λ	—	4132,21 4129,35	4131,30	4131,26
	—	4120,65 4118,74	4120,06	4119,87
	—	4095,50 4091,03	4094,20	4094,03
μ	—	4079,30 4077,17	4078,34	4078,32
	—	4060,46 4057,56	4058,72	4058,71
ν	—	4044,00 4040,70	4043,24	4043,13
	—	4029,00 4025,80	4027,85	4027,82
	—	3998,20 3996,70	3997,78	3997,64
ο	—	3983,00 3978,70	3981,20	3981,28

Mit Hülfe dieser Tafel ist es nun leicht jede in Zukunft möglicherweise nöthig werdende Correction der Sonnenlinien auf die Linien des Gasspectrums zu übertragen. Man überzeugt sich nämlich ohne Weiteres, dass, wenn diese Correctionen für die beiden Glieder eines der hier benutzten Linienpaare des Sonnenspectrums resp. $\Delta\lambda$ und $\Delta\lambda_1$ betragen, die Wellenlänge der aus denselben bestimmten Hauptlinie die Correction $\frac{1}{2}(\Delta\lambda + \Delta\lambda_1)$ mit ihrem zugehörigen Zeichen erhalten muss, und dass dieselbe Correction allen übrigen Linien des Gases zukommt, welche zwischen dieser Hauptlinie und der nächstfolgenden

brechbareren liegen. In derselben Weise wie bei den Ocularbeobachtungen sind nämlich auch hier die Wellenlängen der Nebenlinien aus derjenigen der nächstliegenden weniger brechbaren Hauptlinie abgeleitet.

Vergleicht man in der obigen Tafel die auf photographischem Wege erhaltenen Bestimmungen mit denjenigen der directen Ocularbeobachtung näher, so wird man zugeben müssen, dass die Uebereinstimmung eine ganz vorzügliche ist. Es ist dies um so interessanter, als die Werthe nicht nur auf verschiedenem Wege, sondern auch mit Hülfe verschiedener Messapparate und im Allgemeinen verschiedener Sonnenlinien gewonnen worden sind. Die Zahlen der letzten Columne zeigen ebenfalls eine vortreffliche Uebereinstimmung mit den directen Bestimmungen, ein Beweis, dass die Reductionsfactoren für die Schraube der Theilmaschine die Dispersionsverhältnisse des Apparats in diesem Theil des Spectrums mit ebenso befriedigender Genauigkeit darstellen, wie die für die Mikrometerschraube abgeleiteten Factoren für die weniger brechbaren Theile desselben.

8. Mit Hülfe der obigen Wellenlängen der Hauptlinien ist die Bestimmung der übrigen auf den Photogrammen sichtbaren Linien eine leichte Aufgabe. Zu diesem Zweck wurde für jede derselben ihr Abstand von der nächsten weniger brechbaren Hauptlinie durch zwei Messungen an der Theilmaschine in Schraubenumgängen bestimmt, dann auf die Normaltemperatur + 17°0, sowie, wenn nöthig, auf die Focalweite der entsprechenden Aufnahme des Sonnenspectrums, aus welcher die Reductionsfactoren abgeleitet wurden, reducirt und schliesslich mit Hülfe der Factoren in Wellenlängendifferenz verwandelt. Dass von diesen Messungen nur zwei Reihen ausgeführt wurden, findet durch die Schärfe der Einstellungen seine volle Berechtigung; in der That weichen dieselben selten um mehr als 0,010 oder 0,015 von einander ab, was in Wellenlängen ausgedrückt höchstens 0,07 oder 0,10 Å. E. entspricht.

Als Beispiel führe ich hier die Messungen eines Theils der Gruppe λ auf:

Temperatur = + 16°0 Focusdifferenz = − 5^{mm}

Δi	δt	δF	Δi_1	f	$\Delta\lambda$	λ
0,000						**4141,07**
0,267	−0,001	+0,001	0,267	3,11	−0,83	40,24
0,515	2	3	0,516	—	1,60	39,47
0,770	3	5	0,772	—	2,40	38,67
0,890	4	5	0,891	—	2,77	38,30
1,048	4	6	1,050	—	3,25	37,82
1,183	4	7	1,186	3,10	3,68	37,39
1,419	5	8	1,422	—	4,41	36,66
1,614	6	10	1,618	—	5,01	36,06

Δi	δt	δF	Δi_1	f	$\Delta\lambda$	λ
1,764	—0,006	+0,010	1,768	—	—5,48	35,59
1,921	7	11	1,925	—	5,97	35,10
2,044	7	12	2,049	—	6,35	34,72
2,277	8	13	2,282	—	7,07	34,00
2,384	9	14	2,389	3,09	7,39	33,68
2,560	10	15	2,565	—	7,94	33,13
2,739	10	16	2,745	—	8,48	32,59
2,852	11	17	2,858	—	8,84	32,23
3,167	11	19	3,175	—	9,81	31,26

Es bedeutet hier Δi das Mittel der beiden Messungen des Abstandes der Linien von der Hauptlinie, δt und δF resp. die Correctionen wegen Aenderung der Dispersion und Focusdifferenz und Δi_1 die corrigirte Distanz. Unter f, $\Delta\lambda$ und λ sind die Werthe des Reductionsfactors, der Wellenlängendifferenz nnd der schliesslichen Wellenlänge gegeben.

Cap. II.

Resultate der Beobachtungen.

Die resultirenden Wellenlängen sämmtlicher gemessener Linien des Spectrums sind in dem folgenden Catalog enthalten. Zum Verständniss desselben sind nur noch wenige Bemerkungen nöthig. Um die Uebersicht und namentlich die Vergleichung mit den Zeichnungen und der Natur zu erleichtern, habe ich das Spectrum in Gruppen eingetheilt, deren Bezeichnung durch die Buchstaben $a, b, c \ldots$ etc., für die Ocularbeobachtungen, $\alpha, \beta, \gamma \ldots$ etc., für die photographischen Beobachtungen sich auf den Zeichnungen wiederfindet. Jede Hauptlinie ist durch ein Asterisk bezeichnet. Die Helligkeit der Linien habe ich durch die Zahlen 1 ... 6 annähernd zu schätzen versucht und in der Columne «Bem.» einzelne zur Characteristik derselben dienende Bemerkungen hinzugefügt, wie z. B. v. n. R. (verwaschen nach Roth), v. n. V. (nach Violett), s. = besonders scharfe Linie u. s. w. Unter der Rubrik Å. u. Th. sind schliesslich zum Vergleich die entsprechenden Bestimmungen Ångström's und Thalén's gegeben.

In der Tabelle II findet man für die Gruppen α, β und γ noch einige Bestimmungen von Nebenlinien, welche vor der Einführung der photographischen Beobachtungsmethode durch Ocularbeobachtung gewonnen worden sind. Die Aufführung derselben habe ich aus dem Grunde als zweckmässig erachtet, weil daraus nicht nur die gute Uebereinstimmung der Resultate beider Methoden, sondern auch und vor Allem die überraschende Ueberlegenheit hervorgeht, mit welcher die photographische Methode der Ocularbeobachtung gegenüber die feineren Details des Spectrums wiedergiebt.

Tabelle I.

Ocularbeobachtungen.

	λ	*i*	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe a.	*6622,45	4		21,8
	18,73	1,2		
	15,72	1		
	12,88	3	v. n. V.	14,2
	06,75	2	Heller Hintergrund.	
	03,92	1,2		
	01,43	1,2		
	6598,72	1,2		
	95,39	1,2		
	93,11	3		94,7
	90,65	1,2		
	87,43	2	Bande.	
	83,07			
	80,08	2,3		
	77,30	1,2		
	74,70	1,2		
	71,89	2		
	69,06	1		
	66,47	1		
	58,81	1		
	55,22	1,2		
	51,95	1		
	48,16	1,2		
Gruppe b.	*6543,40	4		42,3
	39,78	1		
	36,00	1		
	33,38	3		33,8
	27,73	2,3	Heller Hintergrund.	
	24,91	2		
	21,98	1,2		
	19,93	1,2		
	16,58	2		
	14,38	3		16,3
	12,63	2		
	09,26	2,3	Bande, wahrscheinlich feine Linien.	
	05,35			
	01,71	2		
	6499,07	1,2		
	96,44	1,2		
	93,70	2		
	90,27	1,2		
	88,12	2		
	85,75	1		
	82,95	1	Bande.	
	80,05			
	77,54	1,2		
	74,10	1,2		
	70,80	1,2		

	λ	*i*	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe c.	*6467,30	3		65,5
	64,37	2		
	60,29	1		
	57,54	4		58,6
	52,36	1,2	Schattirtes Licht n. V.	
	41,53	1		
	39,53	2,3		40,6
	37,36	1,2		
	34,26	1		
	29,36	1		
	27,09	1		
	23,50	1		
	22,25	1		
	19,54	1,2		
	17,15	1		
	14,36	1,2		
	09,10	1	Schwaches Licht n. V.	
	03,34	1		
	00,65	1		
	6397,50	1		
Gruppe d.	*6393,20	3		92,5
	90,04	1,2		
	85,85	1		
	83,47	4		84,8
	78,29	1,2		
	71,13	1		
	69,86	1		
	67,80	3		66,8
	65,93	1,2		
	63,60	1	Feines Gitter.	
	58,15	1		
	56,14	1,2		
	53,96	1		
	50,91	1		
	48,46	2		
	45,67	1		
	43,00	2		
	38,00	1	Anf. e. schw. Schattirung.	
	26,28	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe e.	*6321,45	4		21,0
	18,02	2		
	14,21	1		
	11,59	4	Breit, v. n. V.	13,8
	05,81	1,2		
	02,33	1		
	00,26	1		
	6298,50	1		
	96,66	1		
	94,76	3		94,9
	93,17	2		
	90,66	1	Zwischen diesen Linien	
	85,00	1	noch zwei sehr feine.	
	83,23	2		
	81,05	1,2		
	78,27	1,2		
	75,82	2		
	73,26	1,2		
	70,95	2		
	68,16	1		
Gruppe f.	*6251,64	2		49,2
	48,32	1		
	44,93	1		
	42,16	3		42,6
	36,46	1,2	Schattirung n. V.	
	31,38	1		
	29,77	1		
	27,80	1		
	25,67	2		25,5
	24,28	2		
	21,58	1		
	19,33	1		
	17,85	1		
	16,37	1		
	14,38	1,2		
	11,59	1		
	09,29	1		
	07,30	1,2		
	04,75	1		
	02,40	1,2		
Gruppe g.	6184,55	2		83,2
	78,13	1		
	* 74,31	3	Diese Gruppe bildet ein Minimum der Helligkeit.	75,1
	68,51	1		
	57,21	2		58,2
Gruppe h.	*6126,01	4	v. n. V.	25,4
	18,74	3	v. n. V.	18,8
	14,08	2		
	10,63	1		
	07,87	1		
	01,25	2	Schattirung n. V.	02,1
	6099,12	1,2		
	82,90	1,2		
	77,92	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe i.	*6068,27	5		66,3
	60,90	4		60,6
	58,60	1		
	56,05	3		
	53,20	2		
	50,41	2		
	48,35	1		
	45,55	1		
	43,92	3		43,3
	41,93	2		
	39,97	1		
	36,73	1		
	34,92	1		
	32,13	1		
	29,16	1		
	26,32	2		
	21,25	2		
	17,39	1		
	14,90	1		
Gruppe k.	*6012,45	5		11,8
	05,15	4		04,6
	00,33	3		
	5997,64	2		
	95,10	2		
	93,06	1		
	91,71	1		
	90,32	1		
	88,66	3		87,8
	86,65	2		
	84,62	1	Zwischen diesen Linien	
	81,53	1	noch eine Linie.	
	79,93	2		
	76,97	2		
	74,37	1		
	71,50	1,2		
	69,10	1		
	66,78	1,2		
	63,16	1		
	60,87	1		
Gruppe l.	*5957,91	5		57,3
	50,64	4		50,5
	45,97	3		
	43,39	2		
	40,93	2		
	39,06	1		
	37,78	1		
	36,43	1		
	34,64	3		33,3
	33,11	2		
	30,71	1		
	28,04	1		
	26,16	2		
	23,44	2		
	20,87	1		
	18,09	2	v.	
	13,36	2	v.	
	10,10	1		
	07,45	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe m.	*5904,64	5		04.6
	5897,54	4		97,5
	93,01	3		
	90,64	2	s.	
	88,34	2		
	86,76	1		
	84,70	1		
	83,51	1		
	81,96	3		82,5
	80,72	2	s.	
	78,22	1	Hier noch ein Paar feine	
	75,58	1	s. Linien.	
	73,88	2	s.	
	70,82	2	s.	
	68,85	1		
	66,32	2	v.	
	63,73	1		
	61,34	2	v.	
	58,07	2		
	55,46	1		
Gruppe n.	*5853,09	5		53,0
	45,86	4		46,1
	41,32	2		
	39,45	2		
	38,20	1		
	36,64	1,2		
	35,20	1		
	33,74	1		
	32,39	1		
	30,73	3		30,5
	29,50	3		
	28,04	1		
	27,03	1		
	25,69	1		
	24,66	1		
	22,71	2	v.	
	20,97	1		
	19,77	1,2		
	18,08	1		
	15,90	1,2	v.	
	13,20	1		
	10,83	1,2	v.	
	07,36	1		
	05,04	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe o.	*5802,94	5		01,8
	5795,67	4	Die Schattirung zeigt deutliche Spuren von Auflösung in Linien.	95,3
	92,18	1		
	91,28	2		
	89,90	2		
	88,61	1		
	87,12	1		
	85,80	1		
	84,08	1		
	82,76	1		
	80,86	3		80,6
	79,92	3		
	78,69	1		
	77,50	1		
	76,14	1		
	75,00	1		
	73,01	1	dpl.	
	71,37	1		
	70,19	1		
	68,61	1		
	66,73	2		
	64,12	1		
	61,95	2		
	58,53	1		
	56,41	1		
Gruppe p.	*5753,83	5		52,0
	46,40	4		45,6
	43,00	1		
	42,00	1		
	40,57	1		
	39,61	1		
	38,13	1		
	36,72	1		
	35,00	1		
	33,64	1		
	31,54	3	dpl.	30,7
	29,75	1		
	26,87	1	dpl.	
	24,48	1	dpl.	
	22,58	1		
	21,33	1		
	19,94	1		
	18,01	2		
	15,47	1		
	13,59	2		
	09,98	1		
	07,91	1		
Gruppe q.	*5706,28	3		03,8
	03,88	1		
	02,28	1		
	00,16	1		
	5698,08	1,2		
	95,49	1,2		
	93,01	1,2		
	90,33	1,2		
	87,54	1	v.	
	84,69	2		82,5
	81,64	1,2		
	78,76	1		
	71,83	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gr. r.	*5659,22	3		57,9
	52,05	1	Von hier sehr schw. Licht	
	38,11	1	n. V.	37,2
Gruppe s.	*5613,77	3		12,6
	06,34	1,2		
	02,11		Schwaches Licht, vielleicht	
	5595,98		feine Linien.	
	93,17	1,2		94,2
	91,01	2		
	86,01	1		
Gruppe t.	*5569,03	3,4		67,9
	67,07	1		
	61,84	2,3		63,0
	60,00	1		
	57,25	1		
	55,45	1		
	52,09	3		51,8
	49,31	1,2		
	47,17	1,2		
	45,46	1,2		
	43,50	1		
	41,97	1		
	35,08	1		
	31,29	1	v. dpl.?	
	25,40	4	s.	25,2
	23,52	1		
	21,96	1		
	18,07	3		18,7
	15,91	1		
Gruppe u.	*5514,32	4		13,4
	09,53	2		
	07,88	2		
	06,30	2,3		06,0
	04,58	1,2		
	02,80	1,2		
	00,87	1,2		
	5498,81	1,2		
	96,61	1,2		
	94,66	2		
	93,55	2		93,7
	91,56	1,2	v. n. V. feine Linien?	
	83,26	2	v. n. V.	82,8
	79,83	1		
Gruppe v.	*5477,53	4		76,9
	76,20	2		
	72,23	2,3		72,6
	71,43	1,2		
	69,32	1,2	Schattirungen.	
	64,32	2	n. V.	
	57,44	2		
	55,46	1,2		
	53,09	1,2		
	51,30	1,2		
	48,60	1,2		
	45,78	1		
	43,73	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe w.	*5441,23	4		41,9
	36,02	3,4		37,0
	34,15	2		
	32,51	3		
	28,63	1,2		
	27,95	2		
	26,18	1		
	24,19	1		
	21,69	4		22,1
	19,85	1,2		
	17,68	1,2		
	15,90	1,2		
	13,05	1		
	11,57	1		
	10,12	1		
Gruppe x.	*5406,21	5		06,4
	03,55	1		
	01,03	3		01,7
	5399,17	2		
	97,48	3		
	93,92	1,2		
	92,96	1,2		
	91,37	1,2		
	89,71	1		
	88,44	1		
	87,12	4		87,4
	85,16	1,2		
	83,18	1,2		
	81,71	1,2		
	80,18	1		
	78,33	1		
	75,83	1		
	73,72	1		
Gruppe y.	*5371,62	5		71,7
	66,41	3		66,7
	64,60	2		
	62,92	3	v. n. V. Nebenlinie?	
	59,42			
	57,42		Sehr schwache Linien.	
	55,70			
	54,27			
	52,83	4		53,2
	50,84			
	49,43			
	47,69			
	46,21		Sehr schwache Linien.	
	44,96			
	42,87			
	40,87			

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe z.	*5338,61	4		39,7
	37,18	1,2		
	35,49	1,2		
	33,44		Schwache Linien.	
	27,41		v. u. V.	
	26,75	1		
	24,52	1,2		
	22,19	1,2		
	20,04	1,2		
	16,80	1		
	13,68	1		
	09,42		Ziemlich helle Bande.	
	06,94			
Gruppe a'.	*5305,84	4		06,3
	03,88			
	02,00			
	00,21			
	5298,22		Schwache aber scharfe Linien. — Hintergrund dunkel.	
	96,23			
	94,14			
	87,37			
	84,44			
	81,49			
	78,25			
Gr. b'.	*5273,97	3		73,8
	68,44		Anf. einer schw. Bande.	
	55,97		» » » »	56,3
Gr. c'.	*5243,08	4		44,6
	37,85	2	Begleiter n. V.	39,3
	34,49	1,2		
	32,20	1,2		
	25,61	1,2		26,5
Gruppe d'.	*5212,71	4,5		13,1
	10,83	1		
	09,28	1		
	07,76	3	Breit, wahrscheinl. dpl.	07,7
	05,31	1,2		
	03,98	2,3		
	01,85	2		
	00,20			
	5198,55		Schwache, scharfe Linien.	
	97,07			
	95,51	4		96,1
	91,19			
	89,75			
	88,37		Schwache, scharfe Linien.	
	86,59			
	85,23			

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe e'.	*5183,51	5		83,4
	81,71	2		
	80,47	2		
	78,90	3		79,3
	77,94	4		
	76,48	2		
	74,81	3		
	72,98			
	71,59		Schwache, scharfe Linien, etwas heller u. R.	
	70,17			
	69,08			
	68,05			
	66,46	4		65,8
	64,66			
	62,50			
	61,31			
	59,91		do. do.	
	58,50			
	57,10			
	55,87			
Gruppe f'.	*5154,54	5		53,7
	53,10	1,2		
	51,58	2,3		
	49,43	3		49,0
	48,44	3,4		
	47,09	1		
	45,76	3		
	44,13	1,2		
	42,45	1	Schwache Schattirung.	
	37,80	3	Breit. dpl.?	38,7
	34,55	1,2	Schwache Schattirung.	
Gruppe g'.	*5126,15	4		26,5
	24,67	1		
	23,14	2		
	21,24	2,3		
	20,60	2,3		
	17,90	2	Anf. e. Bande, Spur v. Auflös.	
	10,14	1,2	v. u. V.	
	06,71	1,2	Schwache Schattirung.	
	00,94	2		
Gruppe h'.	*5098,66	3		97,7
	93,51	1		
	90,31	1	Diese Gruppe bildet ein Minimum d. Helligkeit.	
	83,48	1		
	76,80	2		
	71,84	2		

Gruppe i'.					Gruppe k'.			
	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	*5068,28	2,3	Helle Triplette.		*4975,71	2,3	Helle Triplette.	
	66,88	3			74,00	3,4		
	65,33	4		65,6	72,23	4,5		72,0
	63,74	2			70,21	2		
	62,39	2			69,10	2		
	60,90	2			67,83	2		
	59,73	2			66,53	2		
	58,74	2			65,24	2		
	56,98	2			63,80		Bande, wahrscheinlich feine Linien.	
	55,49	3	Scharfe, deutliche Linien.		60,77			
	53,55	3			59,51	2,3		
	51,67	1			57,55	3		
	49,51	1			55,26	2,3		
	47,33	1			53,43	2,3		
	44,82	1			50,94	2		
	42,58	1			47,82	2		
	40,00	1			45,63	2		
	37,08	1			43,80	1,2		
	34,32	1			40,76	1,2		
	30,78	3	v. vielleicht triplex.	32,0	37,71	1,2		
					34,55	1,2		
					31,09	1		

Tabelle II.

Photographische Beobachtungen.

Gruppe α'.					Gruppe α'.			
	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4917,49	3	Intensive Triplette.	19,0	4889,89	1,2		
	16,72	4			88,46	3	Breit oder dpl.	
	* 15,73	5			87,07			
	14,74	2			85,88			
	13,83	2			85,07			
	12,96	2			84,12			
	11,89	2			82,75			
	10,67	2			82,05			
	09,78	2			81,00			
	09,09	2			80,00			
	08,32	2			78,84			
	07,24	3			77,75			
	05,68	3			76,72			
	03,87	3			75,38	1,2		
	02,03	1			74,31	1,2		
	00,17	2			73,47	1,2		
	4898,55	2			72,04	1		
	97,55	2			70,90	1		
	96,23	2			69,77	1		
	95,00	2			68,12	2		
	93,84	2			66,55	1		
	92,62	2			65,09	1		
	91,31	3						

Schwache Linien.

	λ	i	Bemerkungen.	Å. u. Th.	
Gruppe α.	*4814,07	4		14,07	13,0
	13,01	5	Intensive Triplette.	12,97	
	11,95	6		11,67	
	11,18	3		—	
	10,36	3		10,43	
	09,37	3,4		09,26	
	08,47	3,4		08,24	
	07,41	3,4		07,18	
	06,40	2,3		—	
	05,77	2,3		—	
	05,06	2,3		—	
	04,19	2,3		—	
	03,82	2,3		03,74	
	02,55	4		02,45	
	00,85	4		00,74	
	4799,18	3,4		99,15	
	98,37	2,3		—	
	97,20	2,3	v. od. dpl.	97,30	
	96,21	2,3		—	
	95,33	2,3		95,27	
	94,94	2,3		—	
	93,66	2,3	v.	93,63	
	92,66	2		—	
	91,34	3		91,17	
	90,14	2		—	
	88,76	3		88,74	
	87,79	2		—	
	86,22	3		86,18	
	85,00	2			
	83,81	2			
	83,29	2			
	82,32	2			
	81,14	2			
	80,33	2			
	79,34	2			
	78,33	1			
	77,25	1,2			
	76,18	1			
	72,86	1			
	71,93	1,2			
	70,72	1,2			
	69,73	1,2			
	68,72	1,2			
	67,36	1,2			
	66,33	1,2			
	65,45	1,2			
	63,73	1,2			
	62,77	1,2			
	59,94	1			
	59,02	1,2			
	58,21	2			
	56,30	2			
	55,42	1,2			
	54,50	1			
	52,32				
	51,29				
	50,52				
	48,21				
	47,36				
	46,44				
	43,95				
	43,15				

Sehr schw. Tripl.

	λ	i	Bemerknngen.	Å. u. Th.	
Gruppe α.	4742,28				
	39,72				
	38,95				
	38,14				
	35,48				
	34,69				
	33,82				
	30,85				
	29,85		Beobacht. etwas unsicher.		
	28,93				
	25,94		v.		
Gruppe β.	*4722,70	4		22,70	22,0
	21,61	5	Intensive Triplette.	21,50	
	20,37	6		20,22	
	19,36	3		—	
	18,45	3,4		18,41	
	17,32	3,4		17,28	
	16,32	3,4		16,07	
	15,14	3,4		—	
	14,06	2		—	
	13,41	2		—	
	12,79	2		—	
	11,70	3	v. u. V.	—	
	10,00	4		09,90	
	09,16	1		—	
	08,28	4		08,23	
	06,60	3		06,38	
	06,13	1,2		—	
	04,75	3		04,54	
	03,80	2		—	
	03,02	2		—	
	02,51	2		02,78	
	01,54	2		—	
	00,94	2		00,95	
	00,22	2		—	
	4698,91	3		98,80	
	97,84	1,2		—	
	96,41	3		96,29	
	95,51	1,2		—	
	* 93,57	3		93,77	
	92,49	1		—	
	90,89	2,3		91,06	
	89,57	2			
	88,39				
	85,56				
	84,84				
	83,81				
	82,75				
	81,67				
	80,64				
	79,58				
	78,49				
	77,50				
	76,61				
	75,22				
	74,29				
	73,23				
	71,75				
	70,88				

Schwache Linien.

Gruppe β.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4669,94	Schw.L.		
	68,12			
	67,27			
	65,84	2	Triplette derselben Art wie d. Anfangstripletten aber schwächer.	66,0
	65,22	3		
*	64,40	4		
	63,78	2		
	63,09	3		
	62,37	2		
	61,59	2		
	60,77	2		
	59,81	2		
	59,28	1,2		
	58,69	1,2		
	58,05	2		
	57,43	1		
	56,62	3		
	56,00	1		
	55,12	2,3		
	53,76	2		
	53,01	1,2		
	52,18	2	dpl.	
	51,11	2		
	50,59	2		
	49,96	2		

Gruppe γ.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.	
	*4648,63	4		48,63	49,0
	47,30	5	Intensive Triplette.	47,19	
	45,90	6		45,68	
	44,75	3		44,84	
	44,09	3,4	v. u. V.	44,03	
	42,88	4		42,82	
	41,81	3		41,77	
	40,76	4		40,68	
	39,71	4		39,60	
	38,38	4		38,25	
	37,26	2,3		—	
	36,60	3,4		—	
	35,96	2,3		—	
	34,96	3,4		—	
	34,51	2,3		—	
	33,10	4		32,89	
	31,45	4		31,26	
	30,91	2,3		—	
	29,68	3		29,58	
	28,85	2,3		—	
	27,73	3	Breit. v.	27,49	
	26,72	2		—	
	25,85	2		—	
	25,25	1,2		—	
	24,27	2		—	
	23,69	1,2		—	
	23,11	1		—	
	22,49	1		—	
	21,86	3		21,48	
	20,67	2		—	
*	19,18	3		19,19	
	18,02	2		—	
	16,66	2,3		16,75	
	15,47	1,2		—	

Gruppe γ.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4614,06	2,3		14,02
	12,76	1,2		—
	11,53	2		11,41
	11,14	2		—
	10,03	1		—
	08,81	2		08,74
	08,18	2		
	07,28	2		
	06,15	2		
	05,15	1		
	04,20	2		
	03,05	1		
	02,20	2		
	01,10	1,2		
	00,00	1,2		
	*4598,99	2,3	dpl.?	
	97,77			
	96,73			
	95,98			
	95,34			
	94,44			
	93,56			
	92,29			
	91,24			
	90,18			

Gruppe δ.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	*4573,54	4	Intensive Triplette.	74,0
	72,78	5		
	72,00	6		
	70,75	3		
	70,06	3		
	69,25	3		
	68,27	3		
	67,51	3		
	66,57	2,3		
	66,00	2,3		
	65,41	2,3		
	64,54	3,4		
	63,14	4		
	61,75	4		
	60,33	3,4		
	59,45	1,2		
	58,56	2,3	Breit. dpl.?	
	57,52	2		
	57,00	2		
	56,38	2		
	55,49	2,3		
	54,49	2		
	53,33	3,4		
	52,32	2		
*	51,06	3,4		
	50,00	2		
	48,85	2,3	v. oder dpl.	
	47,61	2		
	46,66	2		
	46,00	1,2		
	45,21	2		
	44,26	1,2		
	43,45	1,2		
	42,66	1,2		

Gruppe δ.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4541,72	2		
	40,80			
	39,96			
	39,06			
	38,00			
	37,13			
	36,21			
	35,04			
	34,25			
	33,49			
	32,04			
	31,24			
	30,43			
	28,80			
	28,12			
	27,40			
	25,53			
	24,86			
	24,20			
	22,19			
	21,58			
	20,91			
	18,90			
	18,29			
	17,66			
	15,30	2		
	14,65	1		
	13,96	1		
	10,94	1		
	10,19	1		
	09,26	2		
	07,24	1,2	v.	
	06,55	1		
	04,02	1,2	v.	
	02,74	1,2	v.	
	01,30	1,2	v.	
Gruppe ε.	*4489,45	4		89,0
	88,60	5	Intensive Triplette.	
	87,69	6		
	86,85	3		
	86,00	3,4		
	85,24	3,4		
	84,33	3,4		
	83,47	3,4		
	82,59	2,3		
	82,31	2,3		
	81,58	2,3		
	80,83	3	v. n. V.	
	79,38	4		
	78,02	4	v. n. V.	
	76,50	3,4		
	75,90	2		
	74,93	3	v. oder dpl.	
	74,14	2,3		
	73,44	2,3		
	73,07	2,3		
	72,21	2		
	71,68	2,3		
	71,05	2,3		

Gruppe ε.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4469,91	2,3	v. oder dpl.	
	69,03	2		
	67,92	3		
	66,84	2		
	*65,90	3		
	64,85	1,2		
	63,84	2		
	63,51	1,2		
	62,51	1,2		
	61,58	1,2		
	60,92	1,2		
	60,13	1,2		
	58,43	1,2		
	57,48	1		
	54,90	1		
	54,11	1,2		
	52,94	1,2		
	52,18	1,2		
	51,00	1,2		
	50,05	1,2		
	49,34	1,2		
	48,52	1,2		
	47,13	1,2		
	46,32	1,2		
	* 44,23			
	43,42			
	42,67			
	40,91			
	40,23			
	39,51			
	37,57			
	37,00			
	36,41			
	34,33			
	33,54			
	32,89			
	30,78			
	30,13			
	29,57			
	27,28			
	26,71			
	26,04			
	23,55			
	22,98			
	22,45			
Gruppe η.	*4415,90	4		17,0
	14,68	5	Intensive Triplette.	
	13,65	6		
	13,40	2,3		
	12,80	3		
	11,90	3		
	11,06	3		
	10,28	2,3		
	09,98	2,3		
	09,35	2,3	Bande.	
	08,79			
	08,18	2,3	Bande.	
	07,58			
	07,05	2		

Gruppe γ.	λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
	4406,34	3	
	05,93	2	
	04,70	4	
	03,27	4	
	01,93	3,4	
	01,45	2	
	00,40	3	
	4399,50	2	
	98,78	2	
	98,50	2	
	97,66	2	
	97,09	2	
	96,51	2	
	96,00	2	
	95,27	2	
	94,52	2	
	93,44	2,3	
	92,49	2	
	91,24	2,3	
	90,24		
*	89,29	2	
	88,12	1,2	
	87,00		
	85,68		
	84,68		
	84,07		
	83,21		Schwache Linien, deren Intensität allmälich nach Roth zunimmt.
	82,26		
	81,41		
	80,67		
	79,78		
	78,79		
	77,96		
	77,13		
	76,10		
	75,25		
	74,36		
	73,14		
	72,41		
	71,67		
	70,19		
	69,52		
	68,74		
	67,86		
	67,10		
	66,41		
	65,64		
	64,04		
	63,37		
	62,60		
Gruppe ζ.	*4356,92	4	
	55,81	5	Intensive Gruppe.
	55,02	2	
	54,50	6	
	53,42	3	
	52,85	4	
	51,79	4	
	50,87	4	
	49,90	3,4	

Gruppe ζ.	λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
	4349,16	2	
	48,86	3	
	47,86	4	
	46,84	2	
	46,36	2,3	
	45,76	2	
	45,11	2	
	44,39	4	
	43,80		
*	43,17	6	Bande. Anf. Max. 46,0 Ende.
	42,65		
	42,25	2	Heller Raum.
	41,61	4	
	41,03	1,2	
	40,30	4	
	39,64	4	
	38,76	4	
	37,86	2,3	
	37,27	3	
	36,68	2	
	36,08	4	
	35,38	1	
	34,78	4	
	33,70	4	
	33,02	1,2	
	32,36	2	
	31,52	3	
	30,97	2	Bande.
	30,42		
	29,67	3,4	
	28,98	1	
	27,95	3	
	27,28	2	
	26,13	3	
	25,28	2	
	24,27	2,3	
	23,38	1,2	
	22,45	2	
	22,11	1	
	21,42	1,2	
	20,58	2	
	19,94	1,2	
	19,21	2	
	18,37	2	
	17,60	1,2	
	16,91	1,2	
	16,23	1,2	
	15,26	1	
*	14,61	1,2	
	13,92	1,2	
	12,89		
	12,24		
	11,51		
	10,32		Schwache Tripletten.
	09,67		
	09,08		
	07,77		
	07,06		
	06,46		
	05,10		
	04,39		
	03,78		

Gruppe ζ. λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
4302,11		Schwache Tripletten.
01,58		
01,00		
4299,25		
98,65		
98,18		
96,27		
95,74		
95,23		
93,26		
92,68		
92,11		
*4269,41	4	71,0
68,83	5	Helle Triplette.
68,05	6	
67,41	2	
66,79	4	
66,21	4	
65,53	3,4	Zwischen diesen Linien viele feinere.
64,65	3	
64,15	3	
63,69	2	
63,15	3	
62,74	2	
62,40	2	
62,03	1,2	
61,49	4	
60,92	2	
60,33	4	
59,75	1	
59,12	3,4	
58,79	2	
57,94	3,4	
57,19	2	
56,59	3	
56,24	2	
55,58	2,3	
55,08	2,3	
54,62	2,3	
53,93	2,3	
53,72	2,3	
53,02	2,3	
* 51,95	3,4	
51,18	2	
50,20	3,4	
49,31	2,3	
48,32	2	dpl.
47,41	2	
46,58	2,3	
46,06	2	
45,36	2,3	
44,53	2,3	
43,91	2	
43,45	1	Bande.
42,96		
42,45	2	
41,65	2	
41,00	2	
40,22	2	

Gruppe ι. λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
4239,38	2	Diese Gruppen nehmen an Helligkeit allmälich zu von violett nach roth. Die letzten vier sind aber wegen Schwäche schwer zu erkennen.
38,70	2	
* 37,87	2	
36,90		
36,28		
35,51		
34,37		
33,76		
33,08		
31,73		
31,14		
30,52		
29,14		
28,50		
27,93		
26,35		
25,76		
25,14		
23,44		
22,92		
22,37		
20,51		
19,94		
19,38		
17,47		
16,94		
16,32		
14,23		
13,72		
13,20		
11,04		
10,49		
10,00		
08,32		
06,77		
04,44		
03,35		

Gruppe κ. λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
*4200,99	4	Helle Triplette. Lichterfüllter Raum. 03,0
00,26	5	
4199,56	6	
99,04	3	
98,49	4	
97,84	4	
97,16	3,4	v. n. V.
96,38	3,4	
95,74	3	Fliessen beinahe zusammen.
95,49	3	
94,93	3	
94,51	3	
94,00	2,3	
93,44	3	
93,05	4	
92,20	4	
91,67	1,2	
90,92	4	
89,71	3,4	
89,32	2,3	
88,42	3	v.
87,70	2,3	

Gruppe x.	λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
	4187,04	3	
	86,76	3	
	86,21	2,3	
	85,70	3	
	85,15	3	
	84,35	2,3	
	84,11	2,3	
	83,43	3	
*	82,71	3,4	
	81,90	2,3	
	80,89	3,4	
	80,03	2	
	79,07	2,3	dpl.
	78,07	2	
	77,23	2	
	76,75	2	
	76,02	2,3	
	75,24	1	
	74,62	1,2	
	73,56	1	
	71,77	1	
*	70,84	2,3	
	70,00	2	
	69,31	2	
	68,57	2	
	67,59	2	
	66,94	2	
	66,25	2	
	65,12	1,2	
	64,46	1,2	
	62,58	1,2	
	61,93	1,2	
	61,25	1,2	
	59,95	1,2	
	59,34	1,2	
	58,73	1,2	
	57,20	1,2	
	56,61	1,2	
	56,06	1,2	
	54,32	1	
	53,76	1	
	53,21	1	
	51,49	1	
	50,96	1	
	50,37	1	
	48,48		
	47,92		Sehr schwache Linien.
	47,43		
	45,46		
	45,00		Ebenfalls.
	44,41		
Gruppe λ.	*4141,07	4	44,0
	40,24	5	Intensive Triplette.
	39,47	6	
	38,67	3	
	38,30	3,4	
	37,82	2	
	37,39	3,4	
	36,66	3,4	

Gruppe λ.	λ	i	Bemerkungen. Å.u.Th.
	4136,06	2,3	
	35,59	2,3	
	35,10	3	Bande.
	34,72		
	34,00	3	Bande.
	33,68		
	33,13	2	
	32,59	3	
	32,23	2,3	
*	31,30	4	
	30,68	1	
	30,08	4	
	28,82	3,4	
	28,42	2,3	
	27,49	3,4	
	26,92	2,3	
	26,26	2,3	
	25,91	2,3	
	25,32	2,3	
	24,78	2,3	
	24,31	2,3	
	23,62	2	
	23,25	2,3	
	22,67	2	
	21,70	2,3	v.
	20,90	1,2	
*	20,06	3	
	18,31	2	
	17,35	1,2	
	16,40	1	
	15,23	∠1	
	14,54	∠1	
	14,00	∠1	
	13,27	1,2	
	12,48	1,2	
	11,87	1,2	
	11,12	1	
	10,32	1,2	
	09,64	1,2	
	08,95	1,2	
	08,21	1	
	07,35		
	06,64		
	05,90		
	04,86		
	04,22		
	03,58		
	02,43		
	01,77		
	01,12		
	4099,92		
	99,33		
	98,65		
	97,18		
	96,69		
	96,04		

Schwache Tripletten.

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe μ.	*4094,20	4	Helle Gruppe.	98,0
	93,69	2		
	93,22	5		
	92,07	6		
	91,57	2,3		
	91,03	2,3		
	90,53	2,3		
	90,17	2		
	89,60	3	Breit.	
	88,92	3		
	88,33	2,3	v. n. V.	
	87,31	2,3		
	86,88	2,3		
	86,15	3		
	85,96	3		
	85,20	2,3		
	84,89	2,3		
	84,28	2		
	83,63	3		
	83,26	2		
	82,29	4		
	81,03	4		
	79,72	3,4		
	79,37	1		
	* 78,34	3,4		
	77,75	1,2		
	77,02	2		
	76,77	2		
	76,12	2		
	76,50	2		
	75,14	2		
	74,42	2		
	74,04	2		
	73,43	2		
	72,64	2		
	72,41	2		
	71,70	2		
	70,77	2,3		
	69,87	1,2		
	68,92	2,3		
	68,00	1	v.	
	67,00	1,2		
	66,05			
	65,17		Schwache Linien.	
	64,92			
	64,06			
	63,74			
	62,71			
	62,05			
	61,12			
	60,58			
	59,84			
Gruppe ν.	*4058,72	4,5	Helle Triplette.	63,0
	58,27	5		
	57,94	6		
	57,32	4		
	56,83	4		
	56,31	4		
	55,85	3,4		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe ν.	4055,50	3		
	55,20	3	v. dpl.?	
	54,70	3,4		
	54,31	3		
	53,86	3,4		
	53,50	3		
	53,12	3		
	52,67	3,4		
	52,25	1,2	v.	
	52,00	1,2	v.	
	51,55	4,5	v.	
	51,11	1		
	50,87	1		
	50,51	4	v. n. V.	
	49,39	3,4	v. n. R.	
	48,93	3		
	48,30	3		
	48,14	3		
	47,68	3		
	47,19	3		
	46,80	3		
	46,19	2,3		
	45,85	3		
	45,42	3		
	45,04	1		
	44,64	3,4		
	43,89	2,3		
	* 43,24	4	Scharf und hell.	
	42,56	2,3		
	41,70	3	Breit.	
	40,90	3		
	40,17	2,3		
	39,81	2,3		
	39,21	2,3		
	38,52	2,3		
	38,00	2,3		
	37,42	2,3		
	36,74	2,3		
	36,13	2,3		
	35,53	2,3		
	34,93	2,3		
	34,23	2,3		
	33,63	2,3		
	33,00	2,3		
	32,20	2,3		
	31,62	2,3		
	31,06	2,3		
	30,04	2		
	29,51	2		
	28,97	2		
	* 27,85	2		
	27,34	2		
	26,83	2		
	25,63	2		
	25,10	2		
	24,60	2		
	23,27	1,2		
	22,77	1,2		
	22,34	1,2		
	20,84	1,2		
	20,38	1,2		
	19,88	1,2		

Gruppe v.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	4018,38	1	Aeusserst schwache Tripletten.	
	17,92	1		
	17,46	1		
	15,83	1		
	15,40	1		
	14,98	1		
	13,21			
	12,75			
	12,38			
	10,46			
	10,10			
	09,70			
	07,69			
	07,26			
	06,87			
	04,95			
	04,52			
	04,13			
	01,87			
	01,54			
	01,15			
Gruppe o.	*3997,78	4		4002,0
	97,22	5	Helle Triplette.	
	96,63	6		
	96,39	4		
	95,92	3		
	95,42	4		
	94,92	3		
	94,66	2		
	94,31	3		
	93,91	2,3		
	93,70	2,3		
	93,50	2,3		
	93,05	2,3	v. dpl.?	
	92,68	2		
	92,27	3		
	91,86	3		
	91,48	2,3		
	91,34	2,3		
	90,85	3,4		
	90,41	1		
	89,80	4		
	89,42	1		
	89,11	1		
	88,74	4		
	88,46	2		
	87,70	3,4		
	87,15	2,3		
	86,62	3		
	86,31	3		
	85,85	3		

Gruppe o.	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
	3985,39	3		
	85,00	3		
	84,34	2,3		
	84,07	2,3		
	83,58	2,3		
	82,84	3,4		
	82,15	2,3		
	* 81,20	3,4		
	80,48	2,3		
	79,72	3		
	79,47	3		
	78,88	2,3		
	78,15	2,3		
	77,78	2,3		
	77,19	2,3		
	76,50	2,3		
	76,00	2		
	75,55	1		
	75,30	1,2		
	74,77	2,3		
	74,14	2		
	73,53	2		
	72,92	2		
	72,20	2		
	71,64	2		
	71,07	2		
	70,20	2		
	69,63	2		
	69,05	2		
	68,14	1,2		
	67,60	1,2		
	67,04	1,2		
	65,93	1,2		
	65,40	1,2		
	64,90	1,2		
	63,76	1,2		
	63,25	1,2		
	62,73	1,2		
	61,45	1		
	60,92	1		
	60,44	1		
	59,12	1		
	58,64	1		
	58,14	1		
	56,63		Sehr schwache Gruppen.	
	56,10			
	55,66			
	54,08			
	53,65			
	53,20			
	51,54			
	51,11			
	50,66			

Cap. III.

Ueber das Spectrum des Glimmlichtes am negativen Pol.

Zur Vervollständigung der vorliegenden Untersuchung über das cannelirte Spectrum des Stickstoffs erübrigt uns noch des Spectrums des in den Spectralröhren am negativen Pol auftretenden blauen Glimmlichtes zu gedenken. Bekanntlich hatten nahe gleichzeitig im Jahre 1858 Dove[1]) und V. d. Willigen[2]) auf den wesentlichen Unterschied aufmerksam gemacht, welcher zwischen diesem Spectrum und demjenigen des positiven Pols besteht; es scheinen aber diese Beobachtungen im Allgemeinen nur wenig Beachtung gefunden zu haben, denn noch im Jahre 1864 findet man dasselbe von Plücker und Hittorff, mit dem brechbareren Theil des Spectrums am positiven Pol identificirt. Erst Ångström und Thalén gaben 10 Jahre später in ihrer schon erwähnten Abhandlung eine nähere Bestimmung der Wellenlängen der Hauptstreifen der drei Gruppen, welche dies Spectrum bilden. Wie daraus zu ersehen ist, sind diese resp. im Grün, Blau und Violett liegenden Gruppen ihrem Ort nach von denjenigen des Spectrums des positiven Pols ganz verschieden, zeigen aber mit den letzteren insofern eine Aehnlichkeit, dass sie aus mehreren, nach Roth hin scharf begrenzten, nach dem Violett aber schattirten Streifen zusammengesetzt sind. Da nun die cannelirten Gruppen des Spectrums am positiven Pol unter Anwendung geeigneter Mittel sich vollständig in einzelne Linien auflösen lassen, so liegt es nahe anzunehmen, dass dies ebenfalls bei den Streifen des Spectrums am negativen Pol der Fall sein wird; — während aber in Betreff der ersteren eine theilweise Auflösung, wenn auch nicht eine nähere Bestimmung ihrer elementaren Linien von mehreren Physikern seit Plücker erreicht worden ist, hat man bis jetzt von der Structur der Banden des negativen Pols keine Idee gehabt. Diese Lücke auszufüllen boten die vorliegen den Untersuchungen eine passende Gelegenheit.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich sein dürfte, ist die Möglichkeit zu einer so detaillirten Kenntniss des Spectrums eines Gases zu gelangen, wie sie hier in Betreff des Stickstoffs gegeben ist, zum grossen Theil in der durch die longitudinale Aufstellung der Spectralröhre vor dem Spectroskop erzielten Steigerung der Leuchtkraft derselben begründet. Da nun das blaue Glimmlicht am negativen Pol unter solchen Verhältnissen, bei denen das Spectrum des positiven Pols am besten erscheint, nur in der nächsten Umgebung der negativen Electrode selbst auftritt, ohne überhaupt den capillaren Theil der Röhre zu erreichen, so konnte von vorn herein erwartet werden, dass ein Versuch dasselbe der grossen dispergirenden Kraft meines Spectroskops zu unterwerfen zu keinem Resultat führen würde; und in der That lässt sich dabei im Apparate kaum die Spur eines Spectrums erkennen. Ganz

1) Pogg. Ann. Bd. 104, p. 184. | 2) Pogg. Ann. Bd. 106, p. 626.

anders würden sich ohne Zweifel die Verhältnisse gestalten, wenn es sich bewirken liesse den fraglichen Theil der Entladung auch in die Capillare hineinzuziehen, es würden dadurch die Vortheile der longitudinalen Aufstellung der Röhre auch im vorliegenden Falle zur Geltung kommen. Dies ist es aber gerade, was man durch eine passende hohe Verdünnung des Gases erreichen kann. Soviel ich weiss, hat zuerst Goldstein[1]) dies Mittel angegeben, um auch in der Capillare einer Spectralröhre das Glimmlicht und dessen Spectrum hervorzurufen, und ich kann demnach nicht nur die Thatsache bestätigen, sondern es scheint mir auch die daraus gezogene Erklärung der merkwürdigen von Reitlinger und Kuhn[2]) in lange gebrauchten Röhren beobachteten Erscheinungen im wesentlichen die richtige zu sein. In der That waren es gerade diese letzteren Erscheinungen, welche im Anfange meiner Untersuchung mich unabhängig zu dem genannten Ausweg führten, da die Beobachtung Goldstein's mir aus dem Gedächtniss entfallen war.

Dieselbe Wirkung wie eine hohe Verdünnung bringt bei etwas grösserem aber immerhin jedoch minimalem Druck die Einschaltung einer Funkenstrecke oder eines Condensators in den Kreis des Entladungsstroms ebenfalls hervor. Durch Forcirung dieser Mittel, jedes für sich oder beider zugleich geht schliesslich das Spectrum in das bekannte Linienspectrum des Stickstoffs über. Man sieht, dass die Reihenfolge dieser Spectralerscheinungen an eine successive Steigerung der Entladungsintensität gebunden ist, welche dadurch entsteht, dass bei zunehmender Verdünnung das zur Einleitung einer Entladung erforderliche Potential der auf den Electroden sich anhäufenden Electricität einen immer höheren Werth erhalten muss. Dies ist auch mit den Untersuchungen Edlund's[3]) über den Durchgang der Electricität durch stark verdünnte Gase im Einklang, indem der grosse Widerstand dem der Strom dabei begegnet, nicht im Gase selbst, sondern in einer an den Electroden auftretenden, mit der Verdünnung wachsenden electromotorischen Kraft von entgegengesetzer Richtung zu suchen ist. Wenn aber die in jeder einzelnen Entladung auf einmal übergehende Electricitätsmenge zunimmt, so kann dies wohl nicht ohne eine entsprechende Temperatursteigerung des Gases erfolgen, und es würde somit das gewöhnliche cannelirte Spectrum, das Spectrum des negativen Pols und das Linienspectrum drei verschiedenen Stufen der Temperatur von steigender Höhe entsprechen. Diese Transformationen des Spectrums wären demnach nicht eine unmittelbare Folge der Aenderung der Dichtigkeit, wie es Wüllner[4]) aus der bekannten Formel Zöllner's abzuleiten sucht, sondern ein secundäres Resultat der durch jene Dichtigkeitsänderung bedingten Aenderung der Entladungstemperatur.

Dass alle drei Spectra dem Stickstoff selbst und keiner von dessen Verbindungen mit irgend einem fremden Stoffe gehören, dürfte wohl nunmehr keinem Zweifel unterliegen. Da nun für jeden Körper eine hinreichende Steigerung der Temperatur, früher oder später eine voll-

1) Berlin. Monatsber. 1876, p. 279.
2) Wien. Sitz.-Ber. Bd. LXI, Abth. 2, 1870.
3) Sw. Wetenskaps-Akademiens Handlingar Bd. 19, № 2. Stockholm 1881.
4) München. Sitz.-Ber. 1879, p. 171.

ständige Dissociation desselben herbeiführt, wobei die zwischenliegenden möglichen Stufen der Molekularanordnung von den complicirteren zu den einfacheren nach und nach durchlaufen werden, so wird im vorliegenden Falle diese Dissociation sich auf die allotropen Modificationen des Gases oder auf die möglichen Verbindungen desselben mit sich selbst beziehen und es werden somit die drei Spectra der Reihe nach drei verschiedenen Zuständen der Molekularanordnung von steigender Einfachheit entsprechen, welche, jeder für sich, durch eine bestimmte Temperaturstufe bedingt wären. Da es nun in einer gegebenen Gasmasse, durch welche die electrische Entladung hindurchgeführt wird, durchaus nicht nöthig, ja sogar nicht wahrscheinlich ist, dass sämmtliche Theile in einem gegebenen Moment genau dieselbe Temperatur erreichen, so wird die Grenze, bis zu welcher die Dissociation fortgeschritten sein wird, in den verschiedenen Theilen des Gases im Allgemeinen eine verschiedene sein und dem entsprechend werden auch die den verschiedenen Dissociationsstufen entsprechenden Spectra mehr oder weniger mit einander vermischt gleichzeitig erscheinen. Dies ist es gerade was man beobachtet und darin liegt auch, meiner Meinung nach, die Erklärung der von Wüllner beobachteten s. g. «allmählichen Ueberführung» des Bandenspectrums des Stickstoffs in das Linienspectrum, eine Ueberführung, bei welcher das Spectrum des negativen Pols als Uebergangsstufe in der That auch erscheint.

Ich habe in der Einleitung zu dieser Arbeit die Meinung geäussert, dass zu einer erfolgreichen Discussion der Frage nach den Molekularverhältnissen der Körper auf Grund ihrer spectroskopischen Eigenschaften das uns gegenwärtig zugängliche Beobachtungsmaterial qualitativ wie quantitativ viel zu ungenügend ist, und dass in Folge dessen derartige Versuche mir im Allgemeinen noch verfrüht erscheinen. Dem entsprechend möchte ich die obigen Bemerkungen auch nur als Vermuthungen betrachtet wissen, denen eine gewisse Wahrscheinlichkeit vielleicht beigemessen werden kann, die aber ebenso gut in Zukunft wesentliche Modificationen zu erleiden haben werden. So z. B. könnte es leicht möglich sein, dass der Durchgang des electrischen Entladungsstroms durch ein Gas unter Umständen von einer gewissen Dissociationsarbeit unabhängig von der Temperatursteigerung begleitet sein könnte, und in diesem Falle würde der oben angenommene Causalnexus zwischen der Temperatur der Entladung und dem Spectrum aufhören allgemein bindend zu sein. In der That scheinen in den leuchtenden electrischen Entladungen bei niedriger Temperatur Erscheinungen vorzuliegen, welche eine solche Vermuthung rechtfertigen. Solange man über die Natur der electrischen Entladung an sich noch so wenig kennt wie jetzt, wird jeder Versuch diese und ähnliche Fragen zu beantworten immer ein misslicher werden. Soviel scheint mir jedoch schon jetzt als wahrscheinlich betrachtet werden zu können, das für die Spectralverhältnisse der Gase eher die besondere Molecularstructur als die Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Schicht das maassgebende Moment ist, und dass die beiden letzten Factoren nur in sofern in Betracht kommen, als sie durch ihren Einfluss auf den Durchgang der Electricität durch die Gase die Einwirkung des Entladungsstroms auf die Molekularanordnung derselben secundärer Weise beeinflussen.

Nachdem ich durch hohe Verdünnung des Gases dahin gelangt war das ganze Capillarrohr mit dem Glimmlichte des negativen Pols auszufüllen, erschien das Spectrum desselben mit unerwartetem Glanz und Schönheit. Dies gilt jedoch nur in Betreff der im Blau und Violett liegenden Hauptgruppen. Die Gruppe im Grün, welche auch bei Ångström und Thalén nur als Spur vorkommt, war dagegen sehr schwach, und obgleich die Analogie ihrer Structur mit den beiden übrigen Gruppen unzweifelhaft hervortrat, so war die Helligkeit jedoch zu gering, um eine Durchmusterung derselben durch Ocularbeobachtung mit befriedigender Vollständigkeit zu gestatten. Da weiter der Versuch dieselbe mit Hülfe in Eosin gebadeter Gelatinplatten photographisch zu fixiren, wie aus den analogen Versuchen im Spectrum des positiven Pols erwartet werden konnte, zu keinem Resultat führte, so habe ich auf eine nähere Untersuchung dieser Gruppe zunächst verzichten müssen. Bei ihrer für die Characteristik des Spectrums relativ untergeordneten Bedeutung hat dies nicht viel zu sagen.

Neben den Banden des negativen Pols sind im Spectrum unter den vorliegenden Verhältnissen gewöhnlich auch einige Spuren des gewöhnlichen Bandenspectrums vorhanden. Die Intensität derselben ist aber im Allgemeinen viel zu gering um in irgend einer nennenswerthen Weise die Beobachtung des Glimmlichtspectrums zu stören. Im Gegentheil treten die allgemeinen Merkmale desselben, wie sie aus den Beobachtungen Ångström's und Thalén's und neuerdings Goldstein's[1]) folgen, dabei noch deutlicher hervor. Was aber weder von den genannten Beobachtern, noch soviel ich weiss von sonst Jemand bis jetzt gesehen worden ist, ist die Auflösung der Banden in Systeme von weit getrennten, glänzenden scharfen Linien, die bei unter sich ähnlichem Aussehen und Gruppirung, von denjenigen im Spectrum des positiven Pols jedoch total verschieden sind. Der Umstand dass die Hauptgruppen des ganzen Spectrums gerade im Blau und Violett liegen, ist für die genaue Untersuchung derselben besonders günstig, weil dadurch die photographische Beobachtungsmethode ohne weiteres in Anwendung gebracht und mit allen ihren Vorzügen ausgenutzt werden konnte.

In Betreff des zur Ermittelung der Wellenlängen der Linien benutzten Verfahrens ist nur das folgende zu erwähnen. Da die hier zu messenden Bandengruppen theilweise mit den Gruppen des gewöhnlichen Bandenspectrums des Stickstoffs gemischt auf den Platten erscheinen, so konnte in Bezug auf die schwächeren Linien gelegentlich Zweifel entstehen, ob dieselben wirklich den Banden des negativen Pols gehören, oder vielleicht nur als Reste stärkerer Linien des positiven Pols zu betrachten wären. Um dies sicher zu entscheiden habe ich eine Reihe Doppelaufnahmen beider Spectra unmittelbar nebeneinander hergestellt und mit Hülfe derselben alle dem Spectrum des positiven Pols gehörenden, vorher bekannten Linien zu eliminiren gesucht. Es zeigte sich dass deren Zahl eine verhältnissmässig geringe war, da mit Ausnahme der hellen Anfangstripletten des positiven Pols, nur wenige Linien desselben auf den Platten einen merklichen Eindruck zurückgelassen hatten.

1) Wien, Sitz.-Ber. LXXXIV, 2 Abth. 1881.

Die bei den Messungen zunächst bestimmten Hauptlinien sind, nebst den zu ihrer Bestimmung benutzten Sonnenlinien, in der folgenden Tafel zusammengestellt:

Blaue Gruppe.		Violette Gruppe.	
⊙	λ	⊙	λ
4713,74 4702,24	4708,63	4282,09 4274,63	4278,03
4653,70 4647,81	4651,20	4237,63 4233,18	4236,29
4602,25 4591,94	4599,41	4201,55 4196,63	4198,74
4555,41 4548,96	4552,92	4167,36	4166,35 4165,63
4521,98	4515,34	—	—

Der folgende Catalog enthält die mit Hülfe dieser Hauptlinien bestimmten Wellenlängen der übrigen Linien der Banden.

Tabelle III.

Spectrum des negativen Pols.

A. Gruppen im Blau.

	λ	*i*	Bemerkungen.	Å.u.Th.		λ	*i*	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe A.	*4708,63	5		09,3	Gruppe A.	4691,06	1		
	06,83	1				89,41	3		
	04,65	1				87,52	1		
	02,79	1				85,63	2,3		
	01,02	2				83,58	1		
	4699,87	1				81,55	2		
	98,68	2,3				79,33	1		
	97,22	1				77,18	1,2		
	95,93	3				74,75	1		
	94,40	1				72,27	1		
	92,85	3				67,35	1		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe B.	*4651,20	5		53,5
	49,25	2		
	44,79	1		
	43,81	2		
	42,57	1,2		
	41,46	2,3		
	40,17	1,2		
	38,80	2,3		
	37,38	1,2		
	35,91	2,3		
	34,33	1,2		
	33,28	1		
	32,66	2,3		
	31,10	1	v.	
	29,86	3		
	29,02	1		
	27,25	1,2		
	25,14	1		
	24,60	1		
	20,76	2,3		
	16,12	1,2		
	09,00	1,2		
	06,50	1,2		
	00,86	1,2		
Gruppe C.	*4599,41	5		4601,2
	97,74	2		
	96,50	2		
	94,30	1,2		
	93,22	1		
	92,23	2		
	91,18	1		
	90,07	2,3		
	88,76	1,2		
	87,45	3		
	86,07	1,2		
	84,66	3		
	83,07	1,2		
	81,49	3		
	79,76	1,2		
	78,09	2,3		
	76,14	1		
	74,33	1		
	70,20	2		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe D.	4553,84	5		55,2
	* 52,92	5		
	49,04	1,2		
	48,00	1		
	47,05	2		
	46,02	1		
	45,00	2	v. u. V.	
	43,79	1		
	42,87	2		
	42,04	2		
	40,87	2		
	39,46	1,2		
	37,98	1		
	36,42	2		
	35,33	1		
	34,01	1		
	33,28	1		
	32,50	1,2		
	29,76	1,2		
	29,12	1,2		
	25,72	1		
	25,39	1		
	21,45	1		
Gruppe E.	*4515,34	5		16,5
	14,30	1,2		
	13,36	1,2		
	12,74	1,2		
	12,21	1,2		
	10,11	1,2		
	09,18	1		
	08,28	2		
	07,30	1		
	06,25	2,3		
	05,11	1		
	03,92	3		
	02,59	1		
	01,32	3		
	4499,91	1		
	98,50	2,3		
	96,95	1		
	95,35	2		
	93,63	1		
	91,95	2		
Gr. F.	4484,92	4		
	84,31	4		

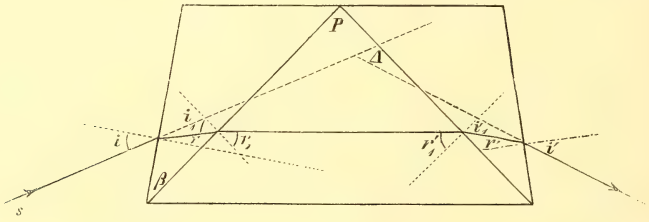
B. Gruppen im Violett.

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe G.	*4278,03	5		81,0
	76,91	3		
	76,54	3		
	76,07	3		
	75,58	2,3		
	75,00	3		
	74,45	2		
	72,95	2,3		
	72,06	2		
	71,16	3,4		
	70,21	2,3		
	69,18	4		
	68,03	2,3		
	66,92	4		
	65,75	2,3		
	64,50	4		
	63,13	3		
	61,73	4		
	60,28	2,3		
	58,82	4		
	57,20	2,3		
	55,55	3,4		
	53,89	2		
	52,18	3		
	50,32	2		
	48,50	2,3		
	46,53	1,2		
	44,57	2		
	42,56	1		
	40,42	1		
	36,46	1		
Gruppe H.	*4236,29	5		39,0
	35,10	3,4		
	34,29	3		
	33,87	2		
	33,31	2,3		
	32,76	1,2		
	31,29	2	v.	
	30,44	1,2		
	29,53	3		
	28,64	2		
	27,61	3,4		
	26,62	2,3		
	25,48	4		
	24,36	2,3		
	23,13	4		

	λ	i	Bemerkungen.	Å.u.Th.
Gruppe H.	4221,90	2,3		
	20,53	3,4		
	19,42	1		
	19,18	1		
	18,38	1,2		
	17,62	2		
	16,06	2		
	15,39	1		
	14,55	2		
	14,09	2		
	12,69	2		
	11,11	2	dpl.	
	09,34	1		
	07,56	1,2		
	03,65	1		
Gruppe I.	*4198,74	5		4203,0
	98,34	4		
	97,73	3,4		
	96,95	3,4		
	96,42	2		
	95,91	2		
	95,35	2		
	93,95	1,2		
	93,33	2		
	92,30	2		
	91,44	1,2		
	90,57	2,3		
	89,59	1		
	88,41	3		
	87,29	1		
	86,13	3		
	84,98	1,2		
	83,59	3		
	82,32	1,2		
	80,91	2,3		
	79,45	1		
	77,91	2		
	76,39	1,2		
	74,72	1		
	72,94	∠1		
	71,26	1		
Gr. K.	*4166,35	3		75,0
	* 65,63	3		

Zusatz.

Die Unmöglichkeit aus Temperaturbeobachtungen und den Constanten der Prismen zu einer genügenden Kenntniss der Correctionen wegen der Variation der Ablenkung zu gelangen lässt sich leicht mit Hülfe der von Van der Willigen gegebenen Werthe der Brechungsverhältnisse des Schwefelkohlenstoffs auch theoretisch übersehen. Bezeichnet man nämlich bei einem Rutherfurd'schen Prisma von der beistehenden Form mit $i\ r\ i_1\ r_1\ r'_1$



$i'_1\ r'\ i'$ die Eintritts- und Austrittswinkel eines Strahls an den successiven Trennungsflächen, mit n und n_1 die Brechungsindices der beiden Seitenprismen und des mittleren Prismas resp. und mit β und P ihre brechende Winkel, so hat man:

$$\text{Sin } i = n \text{ Sin } r \qquad \text{Sin } i' = n \text{ Sin } r'$$

$$i_1 = r + \beta \qquad i'_1 = r' + \beta$$

$$\text{Sin } i_1 = \frac{n_1}{n} \text{ Sin } r_1 \qquad \text{Sin } i_1' = \frac{n_1}{n} \text{ Sin } r'_1$$

$$r_1 + r_1' = P$$

und die Deviation

$$\Delta = i + i' + 2\beta - P.$$

Für eine gewisse Lage des Prismas zum einfallenden Strahl ist demnach die Variation der Ablenkung, welche den durch Temperaturänderung bedingten Variationen dn, dn_1 der Brechungsindices der beiden Media entspricht:

$$\frac{d\Delta}{dt} = \frac{di'}{dt} = \frac{\partial i'}{dn} \cdot \frac{dn}{dt} + \frac{\partial i'}{dn_1} \cdot \frac{dn_1}{dt}.$$

Setzt man nun zeitweilig

$$\frac{n_1}{n} = m$$

so wird zunächst:

$$\left\{\begin{array}{r} 0 = \text{Sin } r\ dn + n \text{ Cos } r\ dr \\ dr = di_1 \\ \text{Cos } i_1\ di_1 = \text{Sin } r_1\ dm + m \text{ Cos } r_1\ dr_1 \end{array}\right. \quad \text{und} \quad \left\{\begin{array}{r} \text{Cos } i'\ di' = \text{Sin } r'\ dn + n \text{ Cos } r'\ dr' \\ dr' = di_1' \\ \text{Cos } i_1'\ di_1' = \text{Sin } r_1'\ dm + m \text{ Cos } r_1'\ dr_1' \end{array}\right.$$

$$dr_1 = -\ dr_1'$$

woraus die beiden folgenden Gleichungen hervorgehen:

$$m.\ n.\ \text{Cos } r\ \text{Cos } r_1\ dr_1' = \text{Sin } r\ \text{Cos } i_1\ dn + n \text{ Cos } r \text{ Sin } r_1\ dm$$

$$m.\ n.\ \text{Cos } r'\ \text{Cos } r_1'\ dr_1' = \text{Cos } i'\ \text{Cos } i_1'\ di' - \text{Cos } i_1'\ \text{Sin } r'\ dn - n \text{ Cos } r'\ \text{Sin } r_1'\ dm$$

Durch Division und Reduction erhält man hieraus:

$$\frac{\text{Cos } i'\ \text{Cos } i_1'}{\text{Cos } r'\ \text{Cos } r_1'}\ di' = dn \left\{\text{tang } r\ \frac{\text{Cos } i_1}{\text{Cos } r_1} + \text{tang } r'\ \frac{\text{Cos } i_1'}{\text{Cos } r_1'}\right\} + n\ dm. \left\{\text{tang } r_1 + \text{tang } r_1'\right\}$$

Nehmen wir jetzt an, dass das Prisma auf das Minimum der Ablenkung für den betreffenden Strahl eingestellt ist, so ist bekanntlich

$$i' = i$$

$$i_1' = i_1$$

$$r' = r$$

$$r_1' = r_1 = \tfrac{1}{2}P$$

und es wird:

$$\frac{\text{Cos } i\ \text{Cos } i_1}{\text{Cos } r\ \text{Cos } r_1}\ di' = 2 \text{ tang } r\ \frac{\text{Cos } i_1}{\text{Cos } r_1}\ dn + 2\ n \text{ tang } r_1\ dm$$

oder da:

$$n\ dm = dn_1 - \frac{n_1}{n}\ dn$$

$$i_1 - r = \beta$$

$$di' = 2\ \frac{n}{n_1} \text{ tang } i_1\ \frac{\text{Cos } r}{\text{Cos } i}\ dn_1 - 2\ \frac{\text{Sin } \beta}{\text{Cos } i\ \text{Cos } i_1}\ dn$$

wo dann:

$$r_1 = \tfrac{1}{2}P$$

$$\text{Sin } i_1 = \frac{n_1}{n} \text{ Sin } r_1$$

$$r = i_1 - \beta$$

$$\text{Sin } i = n \text{ Sin } r.$$

Für die Prismen meines Apparats ist $P = 90°$ und es wird folglich die Variation der Ablenkung für eine Variation dt der Temperatur

$$d\Delta = \frac{2n}{\sqrt{2n^2 - n_1^2}} \left\{ \frac{\cos r}{\cos i} \frac{dn_1}{dt} - \sqrt{2}. \frac{\sin \beta}{\cos i} \frac{dn}{dt} \right\} dt.$$

Der Coefficient von dn/dt kann, da β etwa $40°$ beträgt und i stets gering ist, nicht viel von der Einheit abweichen und da bekanntlich die Aenderung der Brechungsverhältnisse eines Glasprismas für kleine Aenderungen der Temperatur sehr gering und jedenfalls verschwindend klein ist im Vergleich mit derjenigen des Schwefelkohlenstoffs, womit bei meinen Prismen der mittlere Theil gefüllt ist, so kann für den vorliegenden Zweck hinreichend genau gesetzt werden:

$$\frac{d\Delta}{dt} = \frac{2n}{\sqrt{2n^2 - n_1^2}} \cdot \frac{\cos r}{\cos i} \frac{dn_1}{dt} \cdot 206265''.$$

Aus seinen Messungen leitet nun V. d. Willigen für die Temperatur + 18°,7 die folgenden Ausdrücke für den Brechungsindex des Schwefelkohlenstoffs und die Variation desselben für 1° ab:

$$\begin{aligned} n_1 = 1{,}58367 &+ [\ 6{,}171285]\ \lambda^{-2} \\ &+ [11{,}895906]\ \lambda^{-4} \\ &+ [19{,}899946]\ \lambda^{-6} \\ \frac{dn_1}{dt} = -\ 0{,}000859 &+ [\ 3{,}221675]\ \lambda^{-2} \\ &- [\ 9{,}782688]\ \lambda^{-4} \\ &- [17{,}931678]\ \lambda^{-6} \end{aligned}$$

wo λ in Einheiten der 7. Stelle ausgedrückt ist. Daraus bekommt man für die Linie

$$\lambda = 5316,$$

welche sehr nahe diejenige Stelle im Spectrum bezeichnet, welche bei meinen Beobachtungen sich im Minimum der Deviation befunden:

$$\begin{aligned} n_1 &= 1{,}64067 \\ \frac{dn_1}{dt} &= -\ 0{,}000846. \end{aligned}$$

Das Crownglas, welches Prazmowski zu den Seitenprismen angewandt hat, ist mir seinen optischen Constanten nach allerdings unbekannt, ich glaube aber dasselbe ohne viel zu fehlen mit Crownglas von Ginaud identificiren zu können und nehme deshalb an: (Siehe Wüllner Experimentalphysik II, p. 133).

Für $C.$ $\lambda = 6562$ $n = 1{,}61262$

» $G.$ $\lambda = 4307$ $n = 1{,}62653$

und bekomme daraus nach der Cauchy'schen Formel:

$$n = 1{,}60209 + \frac{[5{,}65647]}{\lambda^2}$$

woraus für $\lambda = 5316$ folgt:

$$n = 1{,}61813.$$

Da nun β sehr nahe $= 40^\circ$ ist, so wird für $dt = + 0^\circ{,}01$ und zwei Prismen

$$d\Delta = - 7'',14$$

oder da jeder Trommeltheil der Mikrometerschraube $0'',77$ entspricht

$$d\Delta = - 9{,}3 \text{ Trommeltheile}$$
$$= - 0{,}44 \text{ Å. E.}$$

Da nun der wahrscheinliche Fehler einer gemessenen Liniendistanz höchstens 1 Trommeltheil beträgt, so ersieht man, dass die Temperaturvariationen der Prismen bis auf $0^\circ{,}001$ genau bekannt sein mussten, um daraus die Correction der Beobachtungen wegen der Variation der Ablenkung mit hinreichender Schärfe berechnen zu können.

Um zu sehen in wie weit die obige Berechnung mit der Beobachtung übereinstimmt beobachtete ich die oben erwähnte Linie bei allmählich steigender Temperatur der Prismen. Ich bekam dabei die folgenden Einstellungen:

Bei $t = 13^\circ{,}88$	$i = 0'{,}081$	In der Richtung abnehmender Deviation.
$t = 15{,}20$	$i = 11{,}910$	
$\Delta t = + 1^\circ{,}32$	$\Delta i = - 11'{,}829$	

also für

$\Delta t = + 0^\circ{,}01$	$\Delta i = - 0'{,}090$

in so guter Uebereinstimmung mit der Rechnung wie die angenäherten Werthe der in derselben angewandten Grössen erlauben.

Erläuterungen zu den Tafeln.

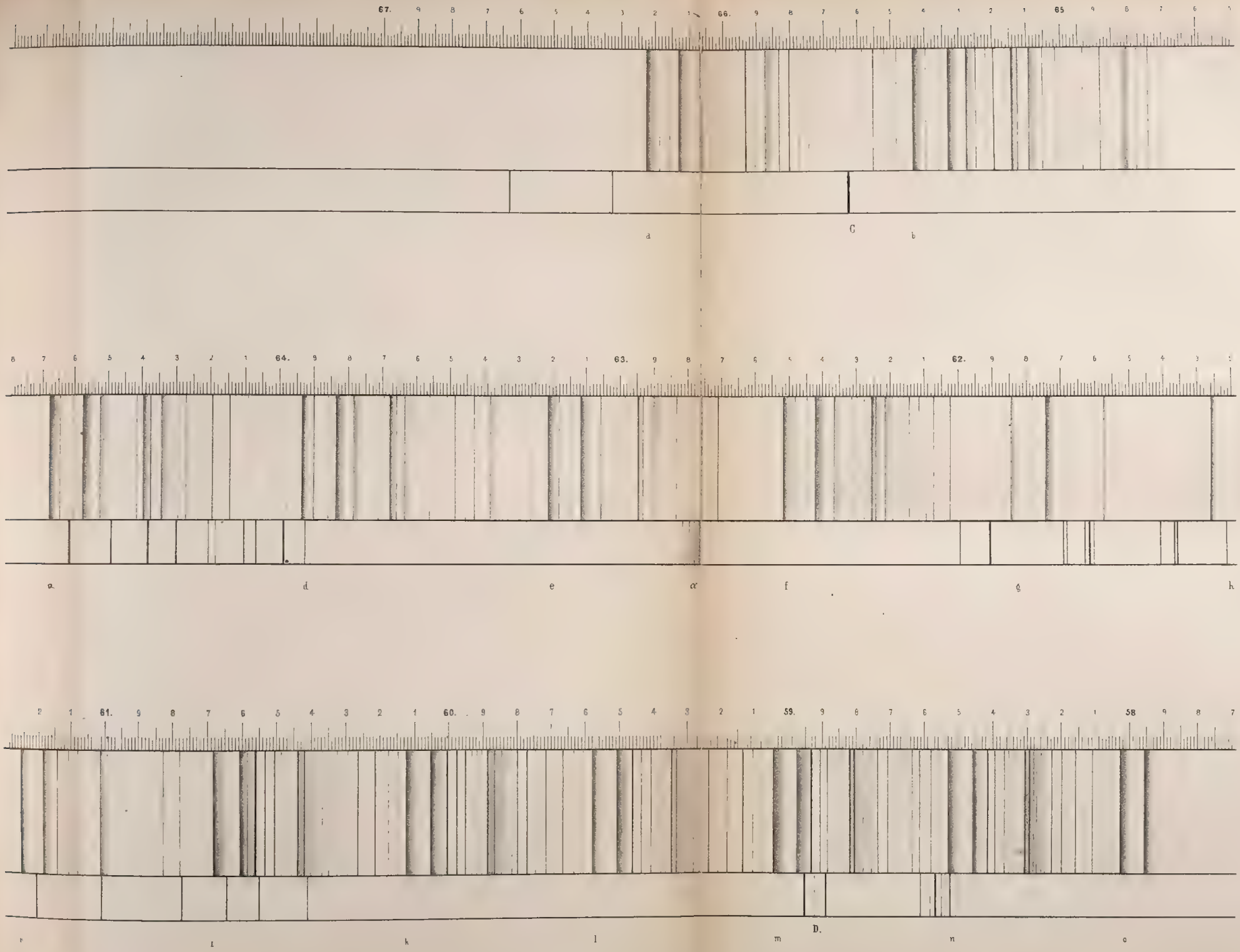
Das cannelirte Spectrum des Stickstoffs ist nach den vorhergehenden Beobachtungen auf den Tafeln I—IV dargestellt. Die Tafeln I und II, die Ocularbeobachtungen umfassend, sind in demselben Maasstabe gezeichnet, wie Ångström's Atlas, die beiden übrigen aber, welche die photographischen Beobachtungen enthalten, sind wegen der grossen Zahl der Linien in doppeltem Maasstabe ausgeführt. Unter dem Gasspectrum sind zur Orientirung einige Hauptlinien des Sonnenspectrums eingetragen nebst den den Wellenlängentafeln entsprechenden Gruppenbezeichnungen a. b. c. . . . α. β. γ. etc.

Die Tafel V giebt, auch in doppelt vergrösserter Scala, die Hauptgruppen des Spectrums des negativen Pols. Zum Vergleich sind unmittelbar unter denselben die Anfangstripletten der in dieser Gegend liegenden Gruppen des positiven Pols gezeichnet.

a.

b

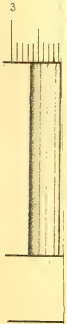
Hasselberg del.



Hasselberg del.

Lith v Ch Ivanson, Peterab Soete Gr Pe N11 St Peterab

Mém



Hassel

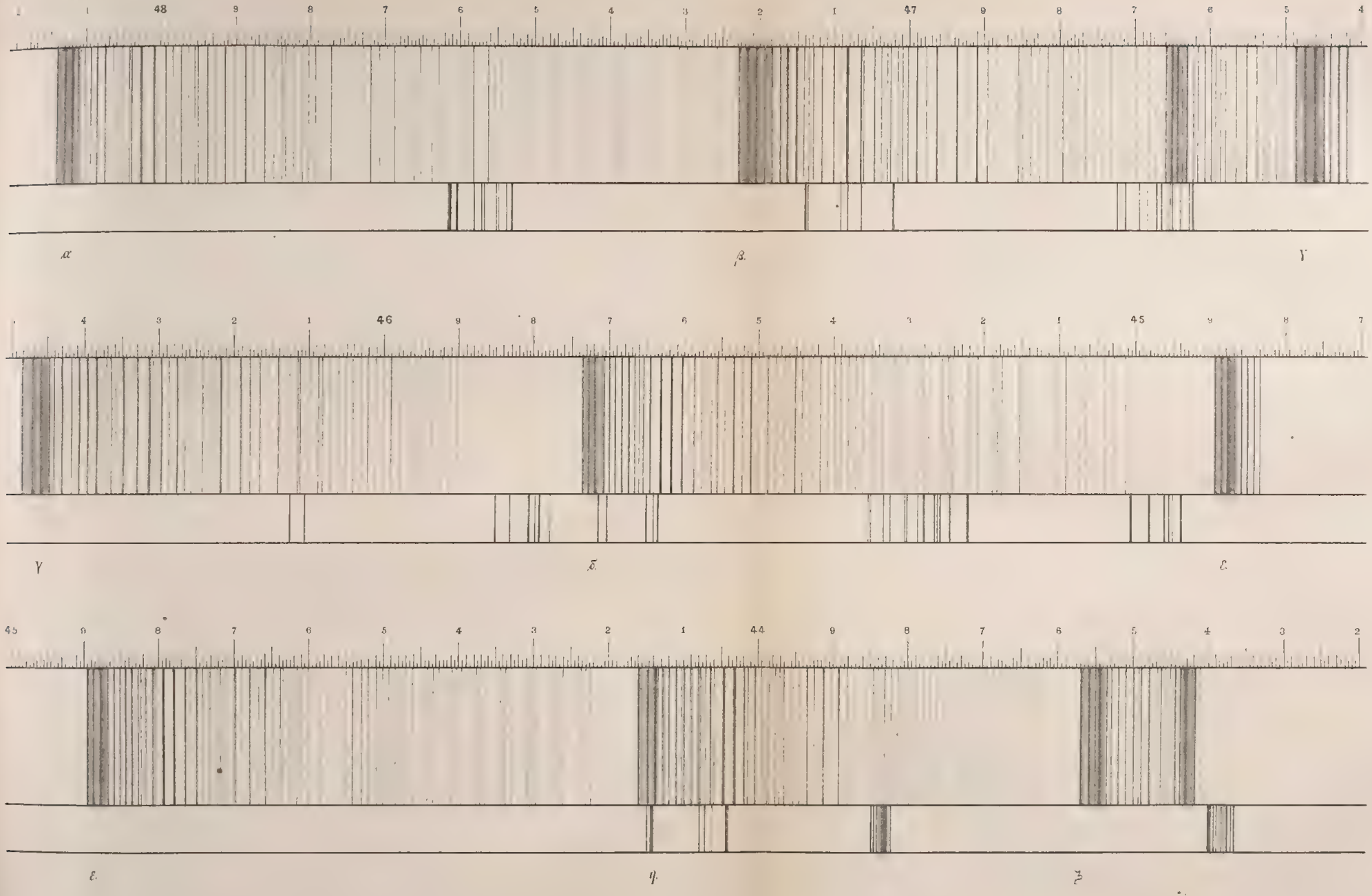
Bandenspectrum des Stickstoffs

Hasselberg del.

Lithographie v. S Ivanson

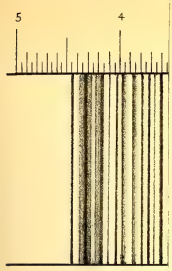
Y

Bandenspectrum des Stickstoffs

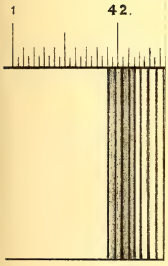


Hasselberg del

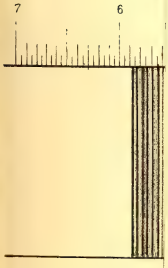
Lith. v Ch. Ivanson, Peterab. Seite Gr. Pr. N°1 St. Peterab.



ξ'.



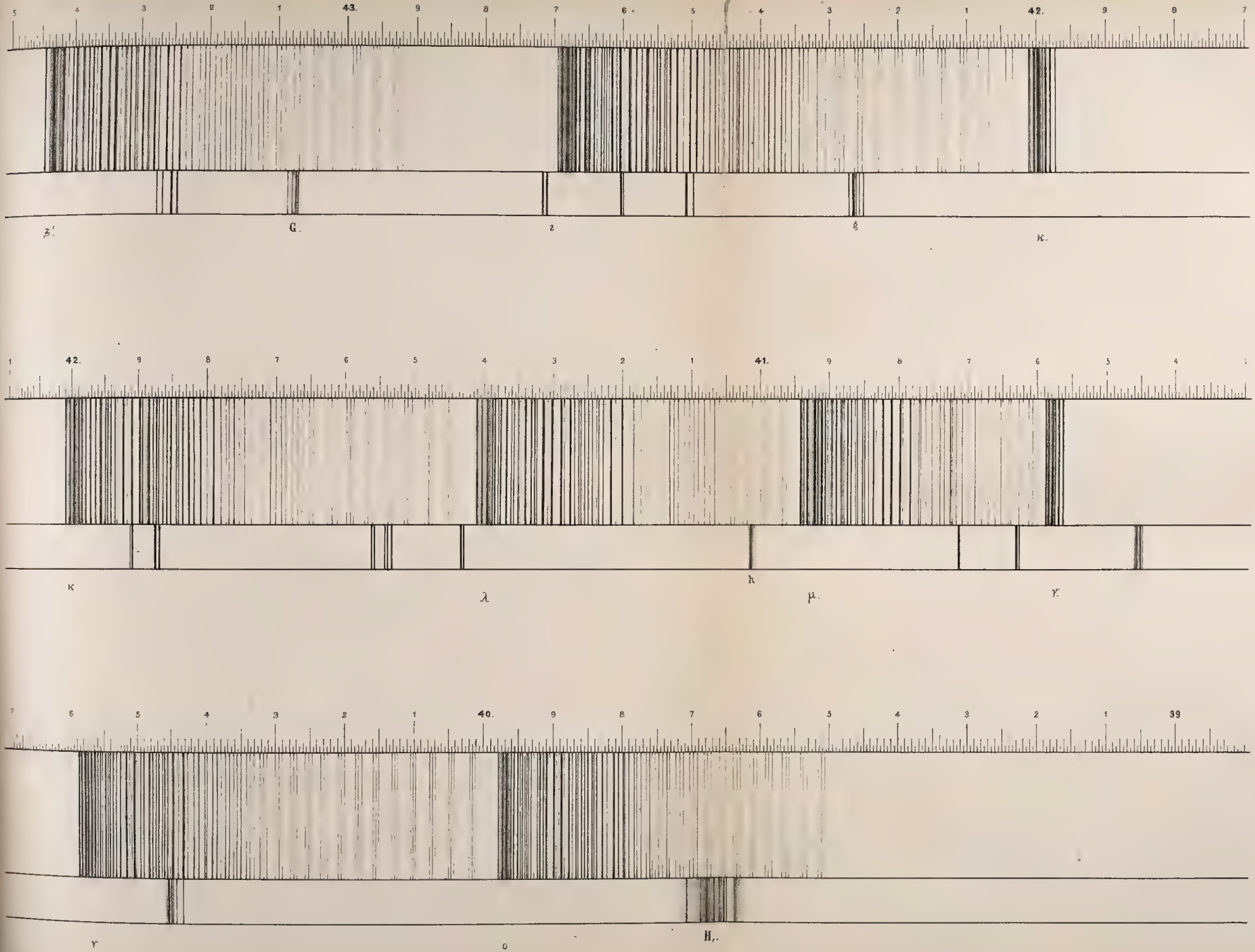
κ.



γ.

Hasselberg del.

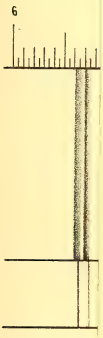
Bandenspectrum des Stickstoffs.

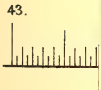


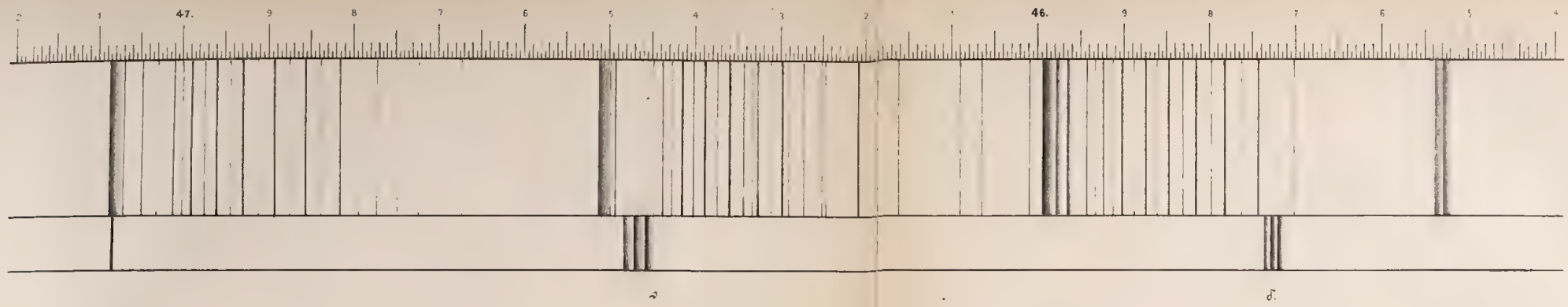
Hasselberg del

Lithographie v S Ivanson

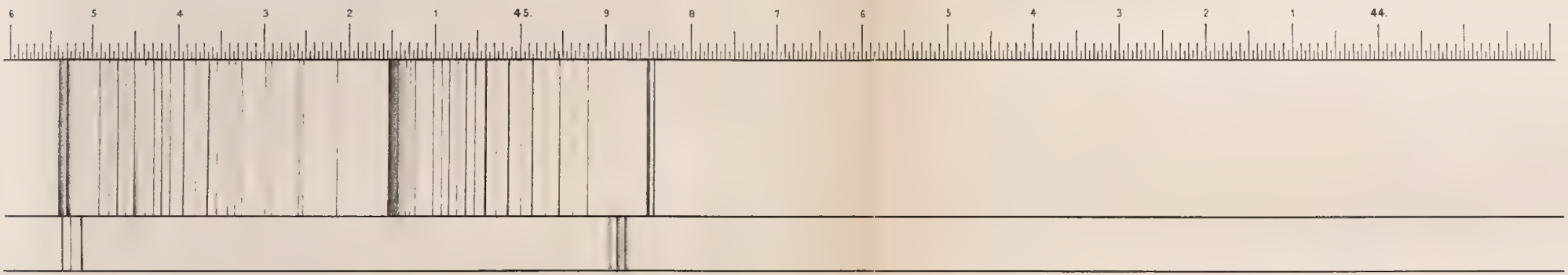
2


6

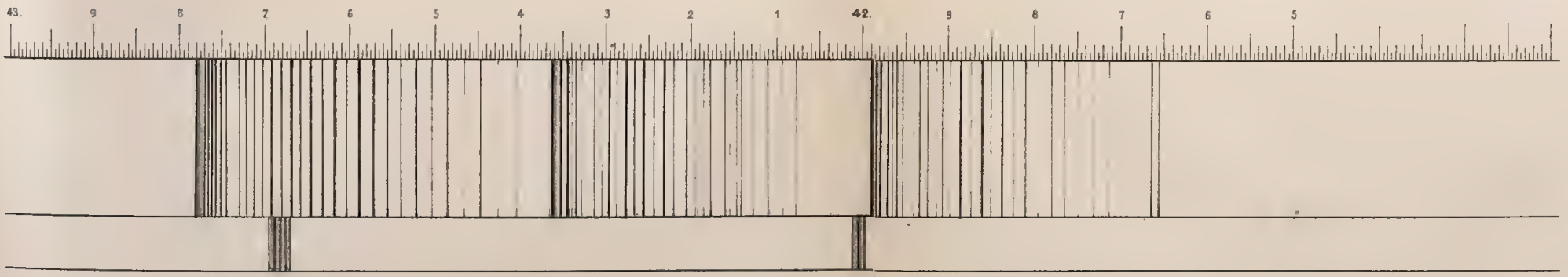

43.



a. d.



ε.



ι. κ.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 16.

ÜBER

DEN VERFASSER UND DIE QUELLEN

DES

(PSEUDO-PHOTIANISCHEN) NOMOKANON

IN XIV TITELN.

VON

E. Zachariä von Lingenthal,
correspondirendem Mitgliede der Akademie.

(*Lu le 18 septembre 1884.*)

164652
NOV 20

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

a St.-Pétersbourg:
MM. Eggers & C^ie
et J. Glasounof;

a Riga:
M. N. Kymmel;

a Leipzig:
Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 36 Kop. = 1 Mk. 20 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 16.

ÜBER

DEN VERFASSER UND DIE QUELLEN

DES

(PSEUDO-PHOTIANISCHEN) NOMOKANON

IN XIV TITELN.

VON

E. Zachariä von Lingenthal,

correspondirendem Mitgliede der Akademie.

(*Lu le 18 septembre 1884.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

a St.-Pétersbourg:	a Riga:	a Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 36 Kop. = 1 Mk. 20 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Juin 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In der Abhandlung über die griechischen Nomokanones, welche im Jahre 1877 in den *Mémoires VII^e Série Tome XXIII № 7* erschienen ist, habe ich ausgeführt, dass um das Jahr 580 von einem unbekannten Verfasser ein Repertorium der Kanones in XIV Titeln (— zu dessen Titeln und Kapiteln, welche nach einem durch die Ueberschriften derselben bezeichneten Systeme geordnet sind, die zu den Ueberschriften in Bezug stehenden Kanones citirt waren —) aufgestellt, und mit einem Anhange versehen worden ist, welcher in drei Abschnitte zerfällt (daher gewöhnlich *Collectio constitutionum ecclesiasticarum tripartita* genannt). Der erste Abschnitt enthält eine Summe von Cod. I, 1—13 mit Paratitlen; der zweite Auszüge aus Summen der Digesten und der Institutionen, vertheilt unter sechs Rubriken; der dritte endlich tit. 1—3 der Epitome der Novellen von Athanasius.

Dieses Repertorium der Kanones und den dreigetheilten Anhang hat ein Jurist des VII. Jahrhunderts zu einem — seit dem XII. Jahrhundert fälschlich dem Photius zugeschriebenen — Nomokanon in XIV Titeln verarbeitet. Da er einerseits in tit. 1 c. 30 einen τύπος τοῦ δεσπότου Ἡρακλείου vom J. 612 erwähnt, und da ihm andererseits die Trullanische Synode vom J. 692 unbekannt ist, so muss er zwischen 612—692 gelebt und geschrieben haben. Das Zeitalter lässt sich noch genauer bestimmen, wenn anders die Bemerkung zu tit. 9 c. 1 (ed. Pitra II p. 582, vgl. auch p. 478) von dem Verfasser herrührt. Dort erwähnt er eine Novelle vom J. 629 (Coll. I Nov. 25 in meinem Jus Graeco-Rom. III) als τὸν νῦν φοιτήσαντα νόμον τῶν πανευσεβῶν ἡμῶν βασιλέων Ἡρακλείου καὶ Κωνσταντίνου, er muss also diese Bemerkung nach 629 und vor dem im J. 640 erfolgten Tode des Heraklius niedergeschrieben haben.

In tit. 4 c. 10 bekennt er sich als Verfasser einer μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν, aus welcher sich zahlreiche Auszüge unter den Scholien der Basiliken vorfinden. Ja, die in tit. 4 c. 10 in Bezug genommenen Stellen der μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν scheinen geradezu in Basil. ed. Heimbach I p. 64 und IV p. 252 erhalten zu sein. Ob das Buch sich blos mit den Digesten beschäftigt, und Bemerkungen über scheinbare Antinomien in denselben oder auch einfache Anmerkungen zu einer Summa der Digesten gegeben hat, ist nicht ganz ins Klare zu stellen, da die Auszüge in den Basilikenscholien Spuren vielfacher Interpolationen an sich tragen. Diese Auszüge tragen übrigens die Ueberschrift Τοῦ ἐναντιοφανοῦς an der Stirne. Offenbar kannten die Compilatoren der Basilikenscholien den

wahren Namen des Verfassers nicht, und wählten zur Benennung desselben eine von dem Titel des Buches entlehnte Bezeichnung. Mit dem Pseudonym Enantiophanes mag denn auch im Folgenden der Jurist angeführt werden, welcher wie die μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν, so den Nomokanon verfasst hat.

Betrachten wir näher die Arbeit, welche Enantiophanes in der Abfassung des Nomokanon geleistet hat, so kann sie im Allgemeinen dahin charakterisirt werden, dass er in die XIV Titel des Repertoriums der Kanones und die Kapitel, in welche die Titel zerfallen, die unter deren Rubriken passenden Stücke oder Stellen der Institutionen, der Digesten, des Codex und der Novellen aus der *Collectio tripartita* vertheilt hat. Er hat sich aber hierauf nicht beschränkt, sondern noch allerlei Zusätze aus Institutionen, Digesten, Codex und Novellen gemacht. Aus welchem Gesichtspunkte und zu welchem Zwecke er die zu machenden Zusätze ausgewählt hat, ist unschwer zu erkennen. Die *Collectio tripartita* betrachtet er als kirchlich recipirt, und mithin zusammen mit den Kanones als Quelle des ἐκκλησιαστικὸς νόμος, des kirchlichen Rechts; dem gegenüber stellt er den πολιτικὸς νόμος, das weltliche oder bürgerliche Recht. Aus diesem wollte er zusätzlich in aller Kürze dasjenige mittheilen, wodurch das kirchliche Recht bestätigt oder ergänzt wird.

Soll nun erörtert werden, aus welchen Quellen Enantiophanes seine Zusätze geschöpft hat, so kann dies nur im Zusammenhange mit der Frage geschehen, aus welchen Quellen die einzelnen Abschnitte der *tripartita collectio* stammen. Es ist dies um so nothwendiger, als darüber bisher vielfach Meinungen (auch von mir) verbreitet worden sind, die vor einer gründlichen Prüfung nicht Stich halten. Es soll daher zunächst untersucht werden, welche Bearbeitungen der Institutionen und der Digesten der Verfasser der *Collectio tripartita* einerseits, und andererseits Enantiophanes vor Augen gehabt haben. Hierauf wird folgen eine Erörterung über die Quellen, welche Enantiophanes bei seinen Anführungen aus dem Novellenrecht benutzt: für die *Collectio tripartita* steht die Quelle fest, da sie in ihrem dritten Abschnitte tit. 1 — 3 die Athanasischen Epitome aufgenommen hat, wie die Vergleichung mit dem vollständig erhaltenen Werke des Athanasius (— erstmals gedruckt in Heimbach's Ἀνέκδοτα to. I —) zweifellos darthut. Endlich soll untersucht werden, welchen Verfasser die Summa des Codex hat, von welcher lib. I tit. 1 — 13 den ersten Abschnitt der *Collectio tripartita* bildet, und ob es dieselbe oder eine andere Summa ist, welche Enantiophanes bei seinen Zusätzen aus anderen Büchern und Titeln des Codex benutzt.

I.

Von den Bearbeitungen der Institutionen und der Digesten, welche die Collectio tripartita und Enantiophanes vor Augen haben.

Die *Collectio tripartita* enthält in ihrem zweiten Abschnitte dreizehn Stellen der Institutionen, und zwar:

lib. I tit. 1 pr. tit. 20 § 5.
lib. II tit. 1 § 8. 39. tit. 6 § 1.
lib. III tit. 19 § 2. tit. 23 § 5. tit. 26 § 7 (vgl. mit Dig. 17, 1, 22 § 6). tit. 27 § 7.
lib. IV tit. 6 § 23. tit. 15 § 1. tit. 16 § 1. tit. 18 § 9.

Prüft man diese Stellen genauer, so kann es nicht zweifelhaft bleiben, dass sie mit der dem Theophilus zugeschriebenen sogenannten Paraphrase nichts gemein haben. Sie scheinen vielmehr aus einer sonst nicht bekannten Summa der Institutionen zu stammen.

Enantiophanes citirt zusätzlich in tit. 4 c. 13 des Nomokanon lib. I tit. 22 pr. der Institutionen. Aber dieses Citat, sowie einige andere in den Basilikenscholien geben keinen Anhalt zur Beantwortung der Frage, ob sie sich auf eben jene Summa beziehen, oder auf irgend eine andere Bearbeitung der Institutionen. In den Paragraphen, welche dem νόμος γεωργικός bei Harmenopulus und in sonstigen Handschriften vorangestellt sind, haben sich Bruchstücke einer Summa von Inst. II, 1, 11 sqq. erhalten, ob aber derselben, welche im Nomokanon benutzt ist, lässt sich nicht entscheiden.

Was die zahlreichen Digestenstellen betrifft, welche die *Collectio tripartita* im zweiten Abschnitte unter sechs Rubriken zusammenstellt, so sind dieselben aus einer Summa der Digesten entnommen, welche die Basilikenscholien einem Ἀνώνυμος zuschreiben. Dies ergiebt sofort eine Vergleichung mit den entsprechenden aus der gleichen Quelle geschöpften Basilikentexten, wie sie mit Hülfe des *Manuale Basilicorum* in Band VI der Heimbach'schen Basiliken leicht ausgeführt werden kann. (Vgl. auch ebenda p. 54 sqq).

Da Enantiophanes, wo er in den Basilikenscholien Stellen der Digesten anführt, überall den Text aus der Summa des Anonymus entnimmt, — man vergleiche z. B. das Citat von Dig. 2, 14, 27, § 2 in Basil. ed. Heimb. I p. 565 mit Bas. XI, I, 27 th. 3, oder das Citat von Dig. 3, 3, 8 in Bas. III p. 272 mit Bas. VIII, 2, 8 u. dgl. m. — so lässt sich von vornherein erwarten, dass er auch da, wo er Stellen der Digesten, welche in der *Collectio tripartita* nicht stehen, im Nomokanon zusätzlich anführt, die Summa des Anonymus benutzt haben wird. Und in der That führt eine Prüfung der von Enantiophanes gemachten Zusätze zu diesem Resultate, wie eine Vergleichung von

Dig. 3, 2, 2 § 5 sqq. im Nomok. XIII, 21 mit Basil. XXI, 2, 2 sqq.
Dig. 10, 2, 4, § 3 im Nomok. II, 2 mit Basil. XLII, 11, 3, 4 th. 4
Dig. 47, 2, 3 sqq. im Nomok. IX, 27 mit Basil. LX, 12, 2 sqq.

schlagend ergiebt. Weiterer Beweise bedarf es nicht, so dass vorläufig nur noch darauf hingewiesen werden mag, dass ein, wie unter II gezeigt werden wird, mit Enantiophanes identischer jüngerer Ἀνώνυμος die Summa des älteren Ἀνώνυμος so sehr benutzte, dass er sogar Anmerkungen zu derselben verfasst hat.

II.

Von den Quellen, aus welchen Enantiophanes seine Anführungen aus dem Novellenrechte schöpft.[1])

Es war bisher, auch durch das was Heimbach Ἀνέκδοτα I p. XLIX ausgeführt hat, nicht hinreichend aufgeklärt, auf welchen Quellen des Enantiophanes Kenntniss der Novellen beruht. Dies näher nachzuweisen habe ich im Jahre 1879 versucht in einer Monographie, die ich während eines Aufenthaltes in Athen habe drucken lassen; sie ist der dortigen juristischen Facultät gewidmet und an die Mitglieder derselben vertheilt worden, hat aber eine weitere Verbreitung durch den Buchhandel nicht erhalten. Daher rechtfertigt sich die Wiederholung des wesentlichen Inhalts derselben, und zwar um so mehr, als ich in der Lage bin, denselben vielfach zu verbessern und zu vervollständigen.

Die erste Frage ist: Hat Enantiophanes eine Sammlung der Originalnovellen gekannt und benutzt? — Biener und nach ihm der jüngere Heimbach haben diese Frage bejaht, und angenommen, dass seine Novellensammlung die bekannte von 168 Stücken gewesen sei. Das Letztere ist aber unzweifelhaft falsch. Biener und Heimbach haben sich täuschen lassen durch die Zahlen der Sammlung von 168, welche an Stelle der ursprünglich von Enantiophanes citirten sowohl in den Bruchstücken der μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν in den Basilikenscholien wie auch in vielen Handschriften des Nomokanon interpolirt worden sind. Aber es haben sich hier wie dort mitunter die ursprünglichen, von jenen abweichenden Zahlen erhalten oder können sonst nachgewiesen werden: ja Enantiophanes citirt in Bas. I p. 812 eine ρνζ′ νεαρὰν (Nov. CXLII meiner Novellenausgabe), welche in der Sammlung von 168 fehlt. Es kann mithin nicht in Frage kommen, ob Enantiophanes diese Sammlung benutzt hat. Aber auch andere Sammlungen der Originalnovellen hat er nicht im Gebrauche gehabt. Weder im Nomokanon noch in den Bruchstücken aus der Monographie περὶ ἐναντιοφανῶν, deren Novellencitate Heimbach in Basil. VI p. 25 sqq. zusammengestellt hat, finde ich irgend eine Spur einer Benutzung der Originalnovellen. Zwar scheint er eine Sammlung derselben allerdings gekannt zu haben. In Nomoc. IV, 4 citirt er eine Novelle des Justinus vom J. 572 (Coll. I Nov. 7 meiner Ausgabe im Jus Graeco-Roman. p. III oder Nov. 144 in der Sammlung von 168) als ἡ γ′ διάταξις τοῦ γ′ τίτλου τῶν νεαρῶν (d. i. der Epitome des Athanasius im dritten Abschnitt der *Collectio tripartita*) β′ οὖσα περὶ σαμαρειτῶν, κειμένη δὲ ἐν τῷ ῥητῷ τῶν ἐν τῷ πατριαρχείῳ βιβλίων ρλγ′ oder βιβλ. ρλγ′. Diese Bemerkung will sagen, dass die zweite Novelle über die Samariter sich in der Sammlung der Originaltexte

1) Ich citire in dem Folgenden die Justinianischen Novellen nach den Nummern meiner chronologisch geordneten Ausgabe, welche 1881 in 2 Bänden in-8° zu Leipzig erschienen ist. In Parenthese füge ich die Zahl hinzu, welche die Novelle in der Sammlung von 168 Stücken bez. in den sonst gangbaren Ausgaben hat.

(— das bedeutet das ἐν τῷ ῥητῷ, wie sich z. B. aus den zahlreichen ähnlichen Anführungen bei Pitra Juris eccles. Graec. monum. II p. 415 sqq. ergiebt —), in der Bibliothek des Patriarchats (— von Konstantinopel? —) unter Nummer 133 (oder in der Handschrift nro. 133) befinde. Es war also dem Enantiophanes allerdings das Vorhandensein einer Sammlung der Originaltexte bekannt, aber dass er hervorheben zu müssen geglaubt hat, eine Novelle des Justinus sei in derselben enthalten, das scheint mir gradezu zu beweisen, dass diese Novelle in der von ihm benutzten Quelle gefehlt hat[1]). Eine andere Veranlassung zu dieser ganz ausnahmsweisen Bemerkung wird man sich schwerlich zu denken vermögen, und demgemäss in derselben einen Beweis dafür erblicken, dass Enantiophanes eine Sammlung der Originalnovellen, wenn auch gekannt, so doch nicht weiter benutzt hat.

Die nächste Frage ist: Hat Enantiophanes die Epitome des Athanasius gekannt und benutzt? — Diese Frage ist selbstverständlich zu bejahen hinsichtlich der drei ersten Titel dieser Epitome. Denn diese machen den dritten Abschnitt der *Collectio tripartita* aus, und in der Einreihung dieser Collectio in die Titel und Kapitel eines älteren Repertoriums der Kanones besteht ja im Wesentlichen die Arbeit des Enantiophanes. Er citirt daher die in jenen Titeln epitomirten Novellen nach der Zahl, welche die Novelle in dem betreffenden Titel hat, z. B. die Novelle CLV (123) als νεαρὰ β′ τοῦ α′ τίτλου. Nur die Nov. XXXIV (37) wird ausnahmsweise nicht als νεαρὰ ϛ′ τοῦ β′ τίτλου, sondern als περὶ τῶν ἐκκλησιῶν ἀφρικῆς ριβ′ νεαρὰ citirt, — eine Ausnahme, für welche ich eine befriedigende Erklärnng nicht zu geben vermag. Zuweilen reproducirt Enantiophanes auch den Text der Athanasischen Epitome, z. B. Nom. I, 30 aus Athan. 1, 1 und Nom. IV, 4. 7 und 10, 8 aus Athan. 3, 3. Aber hierauf beschränkt sich auch die Benutzung des Textes des Athanasius. In der Regel giebt Enantiophanes bei den in Tit. 1—3 der Athanasischen Epitome enthaltenen Novellen die betreffenden Stellen nicht in der Athanasischen, sondern in einer ganz abweichenden Abkürzung. Und von einer Benutzung der Tit. 4 sqq. der Athanasischen Epitome ist vollends keine Rede. Zwar behauptet Heimbach, der Verfasser des Nomokanon habe die Athanasische Epitome in ihrem ganzen Umfange gekannt und benutzt. Er beruft sich auf zwei Stellen (Nom. IX, 2 und XII, 2), in welchen auf Nov. LXII (45) — τῇ περὶ βουλευτῶν καὶ ταξεωτῶν αἱρετικῶν μβ′ (von Späteren in με′ nach der Sammlung von 168 abgeändert) — mit dem Bemerken Bezug genommen wird, dass sie in den Paratitla zu Tit. 3 der gedachten Epitome aus deren Tit. 8 c. 2 angeführt werde. Allein daraus folgt nicht, dass Enantiophanes auch diesen Tit. 8 gekannt habe: denn er hat diese Bemerkung schon aus dem Citat in den Paratitla a. a. O. entnehmen können. Was er sagen will, ist vielmehr etwas ganz Anderes. Von der Voraussetzung ausgehend, dass eigentlich nur die in dem dritten Abschnitte der *tripartita collectio* aus Athanasius Tit. 1—3 aufgenommenen Novellen für kirchlich recipirt gelten könnten, — weshalb er denn auch diese kirchlich recipirten Novellen stets nach

1) Zu vergleichen ist was unten in der tabellarischen Zusammenstellung bei Νεαρὰ ρλγ′ gesagt werden wird.

Titel und Kapitel der Athanasischen Epitome citiren zu müssen geglaubt hat, — will er, indem er Nov. LXII (45) anführt, welche in jenen Titeln nicht excerpirt ist, darauf hinweisen, dass sie doch wohl vielleicht den kirchlich recipirten gleich zu achten sei, da sie wenigstens in den Paratitla zu Tit. 3 auszugsweise angeführt werde. Unter diesen Umständen lässt sich in keiner Weise annehmen, dass Enantiophanes die Athanasische Epitome als selbstständiges Werk und in ihrem ganzen Umfange gekannt habe.

Enantiophanes benutzt vielmehr mit den bereits angeführten Ausnahmen überall eine eigenthümliche Epitome der Novellen, deren Verfasser unbekannt ist. Enantiophanes ist, wo er Vorschriften einzelner Novellen oder einzelner Kapitel derselben in abgekürzter Form anführt, nicht etwa selbst Verfasser dieser Auszüge, ebensowenig wie er sie dem Athanasius oder Theodorus entnimmt, sondern er hat die Summen mehr oder weniger wörtlich aus einer Epitome der Novellen entlehnt, von welcher sich Spuren auch noch in der *Epitome ad Prochiron mutata* (Cod. Bodlej. 3399 und Marc. 579), sowie in der *Epitome Marciana* (Marc. 172) finden.

In jenem Rechtsbuche kommt nämlich folgende bereits in meinen Ἀνέκδοτα p. 222 herausgegebene Stelle vor:

> Περὶ ἁρπαγείσης γυναικὸς καὶ γαμουμένης τῷ ἁρπάσαντι.
> *Legis interpretationem.*
>
> Γυνὴ γαμηθεῖσα τῷ ἁρπάσαντι αὐτὴν οὐ δύναται λαβεῖν τὰ πράγματα αὐτοῦ οὔτε ἐκ τοῦ νόμου οὔτε ἐκ τῆς διαθήκης αὐτοῦ οὔτε τῶν μετασχόντων τοῦ μύσους· ἀλλ' οἱ γονεῖς αὐτῆς λαμβάνουσιν αὐτά, εἰ μὴ ἰδικῶς τῷ γάμῳ συνήνεσαν· [εἰ γὰρ συνήνεσαν] ἢ μὴ περίεισι, φισκοῦνται τὰ τοιαῦτα πράγματα.

Dass diese Stelle ein Stück einer vollständigen *Epitome Novellarum* ist, kann um so weniger bezweifelt werden, als die Anführung der Anfangsworte des Originaltextes der Novellen eine charakteristische Eigenthümlichkeit der griechischen *Epitomae Novellarum* ist. Die mitgetheilte Stelle hat nun aber Enantiophanes offenbar vor Augen, wenn er Nomoc. IX, 30 schreibt:

> ἡ δὲ ρμα′ νεαρὰ διαλεγομένη περὶ γυναικὸς ἁρπαγείσης καὶ γαμηθείσης τῷ ἁρπάσαντι φησὶ τὴν τοιαύτην γυναῖκα μὴ δύνασθαι λαβεῖν τὰ πράγματα αὐτοῦ, μήτε ἐκ τοῦ νόμου μήτε ἐκ διαθήκης αὐτοῦ μήτε τῶν μετασχόντων τοῦ μύσους· ἀλλ' οἱ γονεῖς αὐτῆς λαμβάνουσιν αὐτά, εἰ μὴ τῷ γάμῳ ἰδικῶς συνήνεσαν. εἰ γὰρ συνήνεσαν ἢ εἰ μὴ περίεισι, φισκοῦνται τὰ τοιαῦτα πράγματα.

Die Behauptung, dass Enantiophanes wo er Vorschriften der Novellen anführt dies in der Regel mit den Worten der gedachten Epitome der Novellen thue, wird dadurch bekräftigt, dass er gewisse Vorschriften an verschiedenen Stellen ganz mit denselben Worten wiederholt: er hat sie also aus einer ihm vorliegenden Epitome abgeschrieben, und ihnen nicht erst selbst die betreffende Wortfassung gegeben. So kehrt z. B. ein Auszug aus Nov.

XII (6) c. 6 in Nom. IX, 29 wörtlich wieder in Nom. IX, 30; von Nov. CLI (131) c. 7 findet sich ein übereinstimmender Auszug in Nom. III, 14 und XI, 1; ebenso von Nov. CLXXIV (137) c. 3 in Nom. I, 8 und IX, I. Endlich führt Enantiophanes die Auszüge meist mit ὅτι an, was bekanntlich bedeutet, dass nachstehend die eigenen Worte der Quelle wiedergegeben werden: daraus folgt mit Bestimmtheit, dass die Auszüge aus einer dem Enantiophanes vorliegenden Epitome wortgetreu abgeschrieben sind. Ja Enantiophanes geht so weit, dass er in Nom. I, 8 bei Nov. CLV (123) c. 2 mit ὅτι nur die Anfangsworte eines Satzes anführt, indem er dem Leser überlässt, das Weitere in der Epitome selbst nachzulesen, einer Epitome also, welche in damaliger Zeit vorzugsweise in Gebrauch gewesen sein muss.

Zweifel an dem Ergebnisse der bisherigen Untersuchung könnte erregen, dass in Nom. XI, 1 und XIII, 4 zwei von einander abweichende Auszüge aus Nov. CXLI (117) c. 13 vorkommen: es könnte daraus gefolgert werden, dass Enantiophanes doch nicht aus einer bestimmten Epitome, sondern aus verschiedenen Quellen willkürlich schöpfe. Allein grade von jener Stelle ist uns die Fassung der ächten Epitome erhalten in der *Epitome ad Prochiron mutata*, aus der ich sie in meinen Ἀνέκδοτα p. 216 herausgegeben habe. Da eine Vergleichung derselben mit den besagten Auszügen auf eine besonders lehrreiche Art erkennen lässt, wie Enantiophanes seine Quelle für die Bearbeitung des Nomokanon nutzbar gemacht hat, so mögen hier das Original und die Auszüge nebeneinander gestellt werden:

Die Originalfassung:	Auszug in Nom. XI, 1:	Auszug in Nom. XIII, 4:
Παρὰ ταύτας τὰς αἰτίας οὐκ ἔξεστι διαλύειν γάμους, οὐδὲ ἐξ αἰτίας τῆς πρὸ τούτου τοῦ νόμου εἰρημένης. εἰ δὲ γυνὴ παρὰ ταῦτα βουληθείη [ῥεπούδιον] στεῖλαι, μὴ ἐξέστω αὐτῇ. στελλούσης δὲ αὐτῆς ἡ προῖξ καὶ ἡ δωρεὰ τῷ ἀνδρὶ δίδοται, κατὰ χρῆσιν παίδων ὑπόντων ἢ καὶ μὴ ὑπόντων κατὰ δεσποτείαν· καὶ ἡ γυνὴ κινδύνῳ τοῦ δικαστοῦ δίδοται τῷ ἐπισκόπῳ τῆς πόλεως ἐν ᾗ ᾤκουν, καὶ δι' αὐτοῦ εἰς μοναστήριον βάλλεται πᾶσαν τὴν ζωὴν αὐτῆς. καὶ οἱ παῖδες αὐτῆς λαμβάνουσι τὸ δίμοιρον τῆς οὐσίας αὐτῆς καὶ τὸ μοναστήριον εἰς δεσποτείαν τὸ τρίτον. εἰ δὲ παῖδας μὴ ἔχοι ἀλλὰ ἀνιόντας, αὐτοὶ τὸ γ' λαμβάνουσι καὶ τὸ μοναστήριον τὸ δίμοιρον. εἰ δὲ οἱ γονεῖς ἔχοντες αὐτὴν ὑπεξουσίαν συναινέσωσι τῷ ῥεπουδίῳ, οὐδὲν αὐτοὶ ἀλλὰ τὸ μοναστήριον τὸ πᾶν λαμβάνει, ὥσπερ οὖν καὶ ὅτι μὴ ἔχοι παῖδας ἢ γονεῖς.	Ἐὰν παρὰ τὰς εἰρημένας αἰτίας γυνὴ πέμψῃ ῥεπούδιον, ἡ μὲν προῖξ τῷ ἀνδρὶ δίδοται ἢ κατὰ δεσποτείαν ἢ παίδων ὑπόντων κατὰ χρῆσιν. ἡ δὲ γυνὴ διὰ τοῦ δικάσαντος παραδίδοται τῷ ἐπισκόπῳ τῆς πόλεως ἐν ᾗ οἰκεῖ, καὶ δι' αὐτοῦ μοναστηρίῳ ἐμβάλλεται πᾶσαν τὴν ζωὴν αὐτῆς. καὶ εἰ μὲν ἔχει παῖδας τὸ δίμοιρον τῆς οὐσίας αὐτῆς λαμβάνουσι, τὸ δὲ γ' τὸ μοναστήριον. εἰ δὲ παῖδας οὐκ ἔχει ἀλλὰ γονεῖς, τὸ δίμοιρον δίδοται τῷ μοναστηρίῳ καὶ τὸ γ' τοῖς γονεῦσι, εἰ μὴ ὑπεξουσίαν αὐτὴν ἔχοντες τῷ ἀλόγῳ ῥεπουδίῳ συνήνεσαν· τότε γὰρ πάντα τῷ μοναστηρίῳ προσκυροῦνται, ὥσπερ καὶ ὅτε μὴ παῖδας μήτε γονεῖς ἡ γυνὴ ἔχῃ.	εἰ γυνὴ στείλῃ ἄλογον ῥεπούδιον, ἀπόλλει τὴν προῖκα, καὶ πρὸς τούτοις μοναστηρίῳ ἐμβάλλεται πᾶσαν τὴν ζωὴν αὐτῆς. καὶ οἱ μὲν παῖδες λαμβάνουσι οὐγγίας η', τὸ δὲ μοναστήριον οὐγγίας δ'. εἰ δὲ οὐκ εἰσὶ παῖδες, ἀλλὰ γονεῖς μὴ συναινέσαντες τῷ ῥεπουδίῳ, αὐτοὶ μὲν λαμβάνουσιν οὐγγίας δ', τὸ δὲ μοναστήριον η'. εἰ δὲ συνήνεσαν, ὅλην τὴν οὐσίαν τὸ μοναστήριον λαμβάνει.

Dass sich in der *Epitome ad Prochiron mutata* Stücke der von Enantiophanes benutzten Epitome der Novellen vorfinden, wird z. B. auch dadurch bestätigt, dass der § 6 der Summa

der Nov. XLIX (136) welche ich in meinen Ἀνέκδ. p. 221 aus der *Epitome ad Prochiron mutata* herausgegeben habe, von Enantiophanes in Bas. II. p. 477 citirt wird. Noch bemerkenswerther aber ist der bisher übersehene Umstand, dass die Summen von cap. 40—42 der Nov. CLV (123) welche im Nomokanon XI, 1. 4 stehen, in der *Epitome ad Prochiron mutata* wörtlich wiederkehren und daraus in meinen Ἀνέκδοτα p. 210 sq. herausgegeben sind: bemerkenswerth ist dieser Umstand namentlich in der Hinsicht, dass sich hier den einzelnen Summen eigenthümliche Zahlen (υπβ′ — υπς′) vorgesetzt finden. Ebenso erwähnt Enantiophanes in Nom. XIII, 4 eine Summe der Nov. CLVII (127) c. 4, welche aus der gedachten Quelle in den Ἀνέκδ. p. 210 abgedruckt ist und dort mit der Zahl υμζ′ bezeichnet ist. Man wird hienach wohl nicht fehl greifen, wenn man auch die anderen mit ähnlichen Zahlen (τλα′ — τλε′ — τνα′ — τνδ′ — τξς′) in der *Epitome ad Prochiron mutata* angeführten und in den Ἀνέκδ. p. 208 sqq. abgedruckten Summen auf die von Enantiophanes benutzte Epitome der Novellen zurückführt.

Dieselbe Epitome benutzt aber offenbar ὁ Ἀνώνυμος, dessen παραγραφαί zu einer Summe der Digesten in den Basilikenscholien regelmässig wiedergegeben werden. Ich habe mich früher, als ich Natur und Bedeutung der im Nomokanon vorkommenden Novellensummen noch nicht hinreichend studirt hatte, täuschen lassen durch die Interpolationen, durch welche die Novellencitate in den in den Basilikenscholien erhaltenen Bruchstücken aus der μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν regelmässig auf die Sammlung von 168 zurückgeführt worden sind. Danach habe ich annehmen zu müssen geglaubt, dass Enantiophanes und Anonymus verschiedene Sammlungen oder Summen der Novellen benutzt hätten, und dass dieselben verschiedene Personen seien. Noch in den Prolegomenen zu meiner Ausgabe der chronologisch geordneten Justinianischen Novellen habe ich die Epitome des Anonymus als von der im Nomokanon gebrauchten *Epitome incerti auctoris* verschieden aufgeführt. Jetzt aber stellt sich heraus, dass beide identisch sind. Enantiophanes sowohl als Anonymus citiren Novellen nach gleichlautenden Ordnungszahlen: so die Nov. CI (81) als οε′, jener in Nom. I, 36, dieser in Basil. IV p. 61. Anonymus citirt einzelne Summen mit ähnlich hohen Zahlen wie Enantiophanes: so ein θέμα σκ′ in Bas. I p. 395 und II p. 480, ein θέμα σϟα′ in Bas. III p. 473. Endlich am auffallendsten ist die Uebereinstimmung bei den Citaten der Nov. CXXXVI (115); dem Enantiophanes wie dem Anonymus heisst sie περὶ ἐξνερεδάτων νεαρά (Bas. III p. 168), und Anonymus citirt sie noch näher als περὶ ἐξνερεδάτων ρβ′ νεαρὰ (Supplem. Basil. p. 248 schol. 69), oder μετὰ τὸν κώδικα περὶ ἐξνερεδάτων ρβ′ (so ist wohl zu lesen) νεαρὰ θέ. κα′ (oder κϑ′ — ibid. p. 194 schol. 3, als dessen Verfasser ich irrthümlich den Stephanus bezeichnet habe —), oder περὶ ἐξνερεδατίονος ρβ′ νεαρὰ θέμ. κε′ (Bas. III p. 409 not. l.).

Ist es richtig, dass eine und dieselbe Epitome der Novellen von Enantiophanes sowohl als von Anonymus benutzt wird, so fällt der Grund weg, aus welchem ich früher die Identität beider bestreiten zu müssen geglaubt habe. Man wird jetzt die Identität unbedenklich annehmen können, nicht blos weil Beide eine eigenthümliche von keinem anderen Juristen

benutzte Epitome der Novellen gebrauchen, sondern auch weil beide sich als Verfasser einer Monographie περὶ ληγάτων καὶ μόρτις καῦσα δωρεῶν bekennen (Basil. IV p. 604. 612): endlich, und nicht zum Wenigsten, weil die Ausdrucksweise Beider, ihre Art die Quellen zu citiren, und die Natur ihrer Bemerkungen eine und dieselbe ist.

Selbstverständlich ist der Anonymus — Enantiophanes durchaus verschieden von dem Verfasser der Summa der Digesten, zu welcher jener παραγραφὰς geschrieben hat. Die späteren Byzantiner nennen beide unterschiedslos Ἀνώνυμος, vermuthlich weil ihnen die Summa der Digesten nur aus einer mit den παραγραφαὶ versehenen Handschrift bekannt geworden war. Allein die Byzantiner sowohl als die Neueren hätten nicht verkennen sollen, dass der Anonymus der παραγραφαὶ zuweilen von dem Verfasser der Summa als von einer dritten Person spricht, z. B. Supplem. Basil. p. 211 schol. 55; dass jener die Summa in den παραγραφαὶ zu vervollständigen und zu erläutern sucht, z. B. Bas. I p. 328. 368. II p. 446. Supplem. p. 223 schol. 141; endlich dass die Summa einfach nach dem Originaltexte gearbeitet ist, während die παραγραφαὶ die anscheinend beliebt gewordene Summa durch Auszüge aus dem weitläufigen πλάτος des Stephanus zu vervollkommnen suchen. (Suppl. p. VII not). Deutet schon dies Alles die Verschiedenheit des Ἀνώνυμος als Autors der Summa einerseits und des Ἀνώνυμος als Autors der παραγραφαὶ andererseits an, so kann vollends jetzt darüber kein Zweifel mehr bestehen. Denn die Summa des Anonymus existirte schon um 580, da sie damals für die *tripartita collectio* benutzt worden ist: der Anonymus — Enantiophanes aber hat, wie oben nachgewiesen worden ist, ein halbes Jahrhundert später gelebt und geschrieben.

Schon in meinen Ἀνέκδοτα p. 202 sq. habe ich darauf hingewiesen, dass die Epitome des Anonymus der lateinischen des Antecessor Julianus auffallend ähnlich ist. Beiden liegt eine sehr ähnliche Novellensammlung zu Grunde, denn die Ordnungszahlen, mit welchen sie die Novellen citiren, sind mehr oder weniger dieselben. Sodann werden die einzelnen Summen, in welche die Epitome jeder Novelle zerfällt, in beiden mit Zahlen bezeichnet, welche durch das ganze Werk fortlaufen. Ich bin damals so weit gegangen, dass ich den Anonymus selbst zum Verfasser der griechischen Epitome stempelte und denselben für identisch mit dem Antecessor Julianus erklärte. Der ältere Heimbach hat diese Hypothesen gebilligt (Basil. VI p. 24), und Pitra (Juris eccles. Graec. hist. et monum. II p. 438) hat sie, unter der Annahme dass Anonymus und Enantiophanes identisch sind, dahin erweitert, dass er den Antecessor Julianus als Verfasser des Nomokanon von 14 Titeln proclamirt. Allein ich muss jetzt selbst jene Hypothesen für verfehlt erklären. Anonymus — Enantiophanes ist nicht Verfasser der griechischen Epitome. Denn er liebt es hervorzuheben, dass er Verfasser der Monographien περὶ ἐναντιοφανῶν und περὶ ληγάτων ist, und würde es sicherlich erwähnt haben, wenn er auch die im Nomokanon von ihm so stark benutzte Epitome der Novellen verfasst hätte. Anonymus — Enantiophanes ist aber auch jünger als Julianus. Nicht nur citirt er in seinen παραγραφαὶ und in der μονόβιβλος περὶ ἐναντιοφανῶν die Digesten einfach nach der fortlaufenden Zahl der Bücher, während die Zeitgenossen des Julianus die Digesten nach *partes* und *libri singulares* anzuführen lieben. Sondern wir haben

auch gesehen, dass Enantiophanes nach 612 — etwa zwischen 629 — 640 — geschrieben hat: Julianus aber war um 556 bereits Antecessor als er seine Epitome der Novellen verfasst hat, und muss, wenn er anders der von Theaetetus besungene Julianus ist, schon unter Tiberius (578 — 582) verstorben gewesen sein.

Endlich die Aehnlichkeit zwischen der griechischen Epitome des Enantiophanes — Anonymus und der lateinischen des Julianus ist denn doch nicht eine durchgreifende. Die Ordnungszahlen, mit welchen die Novellen in der Epitome des Julianus bezeichnet sind, stimmen nicht überall genau mit den Zahlen, mit welchen sie von Anonymus oder Enantiophanes citirt werden, ebenso weichen die fortlaufenden Zählungen der einzelnen Summen in den beiden Epitomae mitunter von einander ab. Auch der Inhalt der correspondirenden Summen ist nicht immer identisch. Endlich durch die neuesten Publicationen hat sich herausgestellt, dass die Novellensammlung, welche der griechischen Epitome zu Grunde gelegen hat, weit über die Sammlung des Julianus hinausging und eine Vervollständigung der letzteren darstellt. Nur soweit wird die allerdings vorhandene Aehnlichkeit zwischen den beiden Epitomae wohl benutzt werden können, dass man den Novellen, welche Enantiophanes — Anonymus ohne Angabe der Ordnungsnummer in seiner Epitome anführt, denjenigen Platz in der Reihenfolge anweist, welche der Ordnung in der Julianischen Epitome entspricht.

Mit Rücksicht hierauf mag zum Schlusse dieser Untersuchung eine vollständige Uebersicht über die von Enantiophanes — Anonymus benutzte Epitome folgen. Sie giebt für jede in derselben enthaltenen Novelle

1) die der Anordnung zu Grunde liegende Zahl und Rubrik, soweit uns dieselben erhalten sind;
2) bei den im dritten Abschnitt der *tripartita collectio* vorkommenden Novellen die Angabe des Titels und Kapitels der Athanasischen Epitome, nach welchen Enantiophanes citirt;
3) die Angabe der Ordnungszahl der Novelle in der Epitome des Julianus;
4) die Angabe der Ordnungszahl, welche die Novelle in meiner chronologischen Sammlung sowie in der Sammlung von 168 hat;
5) die Aufzählung der Stellen, welche entweder überhaupt beweisen, dass die Novelle in der Epitome des Enantiophanes excerpirt war, oder Angaben über deren Ordnungszahl und Rubrik in derselben enthalten, und wo sich Summen bez. Inhaltsangaben der betreffenden Novelle vorfinden. (Zu bemerken ist, dass die Zahlen in den Quellen häufig nach der Sammlung von 168 interpolirt sind. Die ursprünglichen Zahlen geben theils die besseren Basilikenhandschriften, deren Lesarten Heimbach leider meist in die Anmerkungen verwiesen hat, theils die älteren Handschriften des Nomokanon welche Pitra in seiner Ausgabe ebenfalls meist in den Anmerkungen anführt und deren Lesarten durch die Oxforder Handschrift Laud. gr. 39 — olim 715. B. — bestätigt werden).

Die Epitome des Enantiophanes — Anonymus lässt sich, soweit diese Angaben reichen, leicht restituiren. Zum Ueberfluss soll, um die Eigenthümlichkeit derselben augenscheinlich zu machen und um die Vergleichung mit den Epitoma von Athanasius und Theodorus zu erleichtern, an seinem Orte eine vollständige Restitution der Epitome von Nov. CLV (123) gegeben werden.

Νεαρὰ α′ — Julian. c. 1 = Nov. IX (1).
Basil. II p. 553. 680.

Νεαρὰ γ′ — Jul. 3 = Nov. XI (4).
Bas. III p. 752.

— (Athan. I, 13) — Jul. 4 = Nov. XIII (5)
cap. 1 — Nom. 11, 1.
c. 2 pr. § 1. 2 — Nom. 11, 3.
c. 2 § 3 — Nom. 9, 32.
c. 4 — 7 — Nom. 11, 1.
c. 8 — Nom. 9, 29.
c. 9 — Nom. 11, 3.

— (Athan. I, 9) — Jul. 5 = Nov. XIV (3).
c. 1 § 1 — Nom. 1, 30.

— (Athan. I, 1) — Jul. 6 = Nov. XII (6).
c. 1 § 7 — Nom. 1, 11.
c. 1 § 8 — Nom. 1, 2.
c. 1 § 9. 10 — Nom. 1, 8.
c. 2. 3 — Nom. 8, 2.
c. 5 — Nom. 9, 29.
c. 6 — Nom. 1, 28. 8, 14. 9, 29. 30.
c. 7 — Nom. 9, 32.

— (Athan. II, 1) — Jul. 7 = Nov. XV (7).
c. 8 — Nom. 2, 2.
c. 11 — Nom. 11, 1.
c. 12 — Nom. 2, 1.

— (Athan. I, 8) — Jul. 9 = Nov. XIX (11).
Nom. 1, 5.

— (Athan. I, 5) — Jul. 10 = Nov. LVI (42).
Nom. 9, 10. 12, 3.

— (Athan. I, 10) — Jul. 12 = Nov. XXXVI (16).
Nom. 1, 30.

Νεαρὰ κα′[1]) περὶ μανδάτων τῶν ἀρχόντων. — Jul. 21 = Nov. XXI (17). c. 7 — Nom. 9, 30.

Νεαρὰ κη′. — Jul. 27 = Nov. XXXI (28). Nom. 1, 20.

Νεαρὰ κϑ′. — Jul. 28 = Nov. XXXII (29). Nom. 1, 20.

Νεαρὰ λβ′ περὶ πορνοβοσκῶν. — Jul. 31 = Nov. XXXIX (14). Bas. II p. 435. Nom. 13, 21.

— Περὶ ἀϑεμίτων γάμων. — Jul. 32 = Nov. XXII (12). Bas. III p. 179. IV p. 507.

— Περὶ τετραουγκίου καὶ ἑξαουγκίου. — Jul. 34 = Nov. XLII (18). Bas. IV p. 261. 576.

— Περὶ γάμων. — Jul. 36 (37) = Nov. XLVIII (22). Nom. 13, 2. 4. Bas. III p. 230. 276. 284.

— Jul. 37 (38) = Nov. L (39). Bas. II p. 681.

Νεαρὰ μα′ περὶ συμβολαιογράφων ϑέμ. ρξη′. — Jul. 40 (41) c. 169 = Nov. LXI (44). Bas. IV p. 547.

Νεαρὰ μβ′ περὶ βουλευτῶν καὶ ταξεωτῶν αἱρετικῶν. — Jul. 41 (42) = Nov. LXII (45). Nom. 9, 2. 12, 2.

Νεαρὰ [μδ′?] περὶ τοῦ δοϑέντος ὅρκου παρὰ τοῦ διατιϑεμένου ἐπὶ τῷ μέτρῳ τῆς αὐτοῦ περιουσίας. — Jul. 43 (44) = Nov. LXIV (48). Bas. III p. 270. (Hier wird die Novelle als μη′ gezählt — nach der Sammlung von 168, — eine Summe derselben als der νεαρὰ μϑ′ ist in meinen Ἀνέκδ. p. 213) gedruckt.

Νεαρὰ με′ περὶ ἐκκλήτων ϑέμ. ροϛ′. — Jul. 44 (45) c. 176 = Nov. LXV (49). Bas. I p. 395. II p. 480. 558.

Νεαρὰ μϛ′ περὶ τῶν σκηνικῶν. — Jul. 45 (46) = Nov. LXVIII (51). Nom. 13, 18 (wo νϛ′ statt μϛ′ steht). 21.

— Περὶ παραστασίμων. — Jul. 47 (48) = Nov. LXXI (53). Bas. II p. 580.

— (Athan. I, 11) — Jul. 50 (51) = Nov. LXXIV (56). Nom. 1, 24.

— (Athan. I, 12) — Jul. 51 (52) = Nov. LXXIII (57). Nom. 8, 2.

---

1) So statt der gewöhnlichen Lesart ιζ′ nach der von Pitra p. 569 note 8 angeführten Handschrift.

— (Athan. I, 6) — Jul. 52 (53) = Nov. LXXV (58).
Nom. 3, 14.
— (Athan. I, 7) — Jul. 61 (62) = Nov. LXXXVII (67).
c. 1. 2 — Nom. 3, 14.
c. 3 — Nom. 8, 2.
— Jul. 65 (66) = Nov. XCII (72).
Bas. III p. 682. 728.
Νεαρὰ ξη′ περὶ τῆς πίστεως (πιστώσεως?) τῶν συμβολαίων. — Jul. 66 (67) = Nov. XCIII (73).
θέμ. σκ′ (Jul. c. 129). Bas. I p. 395. II p. 480.
c. 6 — Bas. IV p. 53.
— Περὶ τρόπων γνησιότητος. — Jul. 67 (68) = Nov. XCIV (74).
Bas. IV p. 520. 551.
— Jul. 69 (70) = Nov. CIII (86).
Nom. 8, 2.
— Jul. 72 (73) = Nov. XCVII (78).
Bas. III p. 202 (wie sie als πϑ′ citirt ist).
— (Athan. I, 15) — Jul. 73 (74) = Nov. XCVIII (79).
Nom. 9, 1.
Νεαρὰ οε′ διὰ ποίων ἀξιωμάτων βουλευτηρίου τὶς ἐλευθεροῦται [καὶ ὑπεξουσιότητος] — Jul. 75 (76) = Nov. CI (81).
Nom. 1, 36. Bas. IV p. 61.
Νεαρὰ ος′ περὶ [τῶν θείων] δικαστῶν. — Jul. 76 (77) = Nov. CII (82).
Bas. I p. 327. II p. 580.
— (Athan. I, 4) — Jul. 77 (78) = Nov. CIV (83).
Nom. 9, 1. 1, 2.
— Περὶ τῶν παρὰ βουλευτῶν γινομένων μόρτις καῦσα δορεῶν. — Jul. 80 (81) = Nov. CVI (87).
Bas. IV p. 605 (wo die Zahl πζ′ wohl interpolirt ist).
— Περὶ νόθων. — Jul. 82 (83) = Nov. CXI (89).
Bas. IV p. 547. 551 (die Zahl πϑ′ ist auch hier interpolirt).
— Περὶ μαρτύρων. — Jul. 83 (84) = Nov. CXII (90).
Nom. 9, 2. Bas. II p. 388. 390 passim. (die hier vorkommende Zahl ϟ′ ist wohl interpolirt).
Summen in Ἀνέκδ. p. 214 sq.
Νεαρὰ πς′ περὶ ἀπαιτήσεως πρώτης καὶ δευτέρας προικός. — Jul. 84 (85) = Nov. CXIII (91).
Supplem. Basil. p. 212. Basil. III p. 270.

— Περὶ ἀμέτρων δωρεῶν [εἰς παῖδας γενομένων]. — Jul. 85 (86) = Nov. CXIV (92).
Bas. IV p. 173. 261.

Νεαρὰ πϑ′ περὶ ἰσότητος προικὸς καὶ πρὸ γάμου δωρεᾶς ϑέμ. σ┘α′. — Jul. 90 (91) c. 340 = Nov. CXIX (97).
Bas. I p. 786. III p. 265. 473. IV p. 259.

— Περὶ ἀναργυρίας τῆς προικός. — Jul. 93 (94) = Nov. CXXII (100).
Bas. III p. 282.

— Περὶ βουλήσεων. — Jul. 100 (101) = Nov. CXXVI (107).
Bas. III p. 471. IV p. 43. 261.

Νεαρὰ . . . περὶ ἀποκαταστάσεως. — Jul. 101 (102) = Nov. CXXVII (108).
Bas. II p. 681. IV p. 220 (hier steht β′ νεαρὰ, was in keiner Weise passt).

— (Athan. III, 1) — Jul. 102 (103) = Nov. CXXIX (109).
Nom. 12, 2.

— (Athan. II, 5) — Jul. 104 (105) = Nov. CXXX (111).
Bas. II p. 480.

— Περὶ λιτιγιόσων. — Jul. 105 (106) = Nov. CXXXI (112).
Bas. II p. 580. IV p. 274 (hier durch Interpolation als ριβ′ bezeichnet).

Νεαρὰ ρβ′ ἡ τὰς αἰτίας τῶν ἐξνερεδατιόνων τάττουσα oder περὶ τῶν ἐν κλήρῳ ἀχαριστιῶν oder noch kürzer περὶ ἐξνερεδάτων. — Jul. 107 (108) = Nov. CXXXVI (115).
Bas. III p. 166. 168. Supplem. p. 248 schol. 69. In Bas. III p. 409 not. *l* ist citirt ρβ′ νεαρὰ ϑέμ. κε′, in Supplem. p. 194 schol. 3 (welches dem Anonymus zu vindiciren ist) ρε′ (lies ρβ′) νεαρὰ ϑέμ. κα′ oder κϑ′. Wie vorhin das c. 340 des Julian. sich zum ϑέμα σ┘α′ verhielt, so würde einem hier ins Auge zu fassenden c. 373 des Julian ein ϑε′. τκδ′ entsprechen: es mag dahin gestellt bleiben, ob statt dessen τκα′ oder τκε′ oder welches von Beiden für κα′ und κε′ gelesen werden muss.
c. 3 § 11 — Nom. 13. 9.
c. 3 § 14. c. 4 § 8 — Nom. 10, 8.
c. 5 § 1 — Οὐδενὶ ἔξεστι πρὸ τῆς τῶν ϑ′ ἡμερῶν προθεσμίας παρενοχλεῖν ἢ ὅλως ὑπομιμνήσκειν ἢ ἕλκειν ἢ ὅλως ἐν δικαστηρίῳ καλεῖν τοὺς κληρονόμους τοῦ τελευτήσαντος ἢ τοὺς γονεῖς ἢ τοὺς παῖδας ἢ τὴν γαμετὴν ἢ ἀνιόντας ἢ κατιόντας ἢ συγγενῆ ἢ ἐγγυητάς. Epitome ad Prochiron mutata 8, 121.

Νεαρὰ ρδ′ περὶ ῥεπουδίων. — Jul. 108 (109) = Nov. CXLI (117).
Nom. 9, 25. 13, 30. Basil. III p. 230 not. *g* (wo scheinbar Anonymus die Novelle als περὶ διαφόρων κεφαλαίων ρη′ νεαρὰ citirt) und p. 232. 263. IV p. 576.
c. 2—6 — Epit. ad Pr. m. tit. 9 in f. in Ἀνέκδ. p. 208. Es finden sich hier gedruckt die ϑέματα τλα′ bis τλε′ (so ist statt τμε′ zu lesen), welche entsprechen den c. 379—383 des Julian. Vgl. auch Nom. 13, 4.
c. 7 — Epit. ad Pr. m. tit. 11 in Ἀνέκδ. p. 215.
c. 8. 9 — Nom. 13, 4. Vgl. Nom. 9, 31.

c. 11 — Nom. 13, 3.
c. 12 — Nom. 13, 4.
c. 13 — Nom. 11, 1. Epit. ad Pr. m. tit. 11 in Ἀνέκδ. p. 216.
c. 14. 15 — Epit. cit. tit. 11 in Ἀνέκδ. p. 217.

Περὶ τῶν ἐξ ἀδιαθέτου oder περὶ ἀρρενογονίας. — Jul. 109 (110) = Nov. CXLIII (118). Bas. I p. 82. IV 519. 522.
c. 1 — Epit. ad Proch. mut. tit. 30 in Ἀνέκδ. p. 217. (Was ebenda p. 208 als διάτ. τν′ — der Cod. Marc. 172 liest τη′ — gedruckt ist, muss διάτ. ιη′ heissen und ist von Theodorus.)
c. 2 — Epit. cit. in Ἀνέκδ. p. 209. Die hier und im Folgenden angeführten θέματα τνα′ — τνδ′ entsprechen den c. 393—395. 397 des Julian.
c. 3. 4 — Epit. cit. in Ἀνέκδ. p. 209.
c. 6 — Epit. cit. in Ἀνέκδ. p. 209.

— Jul. 110 (111) c. 408 = Nov. CXLV (119).
c. 11 (διάτ. τξς′) — Epit. ad Pr. m. tit. 29 in Ἀνέκδ. p. 210. (Νεαρὰ ρς′ für die vorliegende Novelle in Basil. III p. 721 und Ἀνέκδ. p. 119 kann wohl nicht auf unsere Epitome bezogen werden.)

Νεαρὰ ρϑ′ — (Athan. II, 2) — Jul. 111 (112) = Nov. CXLVIII (120). Bas. III p. 752. (Hier wird θέμα τοζ′ genannt, was bei Julian c. 410 ist.) IV p. 562.
c. 5 § 1 — Nom. 10, 1.
c. 7 § 1 — Nom. 11, 1.
c. 8 — Epit. ad Proch. mut. tit. 15 in Ἀνέκδ. p. 218.
c. 9 — Nom. 2, 1.
c. 10 — Nom. 2, 2.

Νεαρὰ ριβ′ περὶ τῶν ἐκκλησιῶν ἀφρικῆς. — Fehlt bei Jul. = Nov. XXXIV (37). Nom. 4, 13. 8, 10. 9, 25. 34.

Νεαρὰ ριζ′ (?) — Jul. 114 (115) = Nov. CLVII (127).
c. 1 — Epit. ad Pr. m. tit. 30 in Ἀνέκδ. p. 219.
c. 2—4 — Epit. cit. tit. 6 in Ἀνέκδ. p. 210. (Die hier gedruckten θέματα werden als υμε′, υμς′ und υμζ′ gezählt. Auf das letztere θέμα nimmt Nom. 13, 4 Bezug, und bezeichnet zugleich die Novelle als ριζ′.

— (Athan. I, 2) — Jul. 115 (116) = Nov. CLV (123).

— Jul. 115 (116) = Nov. CLV (123).

Cap. 1 § 2. — Οὐ συγχωρεῖ ἀπὸ λαϊκῶν εὐθέως ἐπίσκοπον χειροτονεῖσθαι, ἀλλὰ πρότερον κληρικὸν γίνεσθαι, καὶ μένειν ἐπὶ τρεῖς μῆνας τὰς γραφὰς διδασκόμενον καὶ τοὺς κανόνας. (Nom. I, 11).

—Ὅτι ἐὰν ὑπέρθωνται οἱ τῆς πόλεως ἐφ' ἓξ μῆνας ψηφίσασθαι τὸν ἐπίσκοπον, ποιείτω τὴν χειροτονίαν ᾧτινι ἁρμόζει κινδύνῳ τῆς ἑαυτοῦ ψυχῆς, τῶν ἄλλων πάντων παραφυλαττομένων. (Nom. I, 9).

Cap. 2. —Ὅτι ἐάν τις τοῦ μέλλοντος χειροτονεῖσθαι ἐπισκόπου ἢ κληρικοῦ κατηγορήσῃ ἐπὶ αἰτίᾳ δυναμένῃ κατὰ τοὺς νόμους ἢ τοὺς κανόνας ἐμποδίσαι τῇ χειροτονίᾳ, ἐπεχέσθω αὐτὴ, καὶ ὁ μέλλων χειροτονεῖν ἐξεταζέτω τὴν αἰτίαν παρόντος καὶ ἐπεξιόντος τοῦ κατηγόρου ἢ ἀναβαλλομένου ἐπὶ τρεῖς μῆνας πληρῶσαι τὴν κατηγορίαν. Καὶ εἰ μὲν ἀνεύθυνος φανῇ, χειροτονείσθω· εἰ δὲ ὑπεύθυνος, ἐμποδιζέσθω. Ὁ δὲ κατήγορος μὴ ἀποδείξας ἢ ἀποφυγὼν ἐκβάλλεται τῆς ἐπαρχίας ἐν ᾗ κατοικεῖ· τῆς δὲ χειροτονίας πρὸ ἐξετάσεως γινομένης ὁ μὲν χειροτονηθεὶς ἐξωθεῖται, ὁ δὲ χειροτονήσας ἐπὶ ἐνιαυτὸν τῆς ἱερᾶς λειτουργίας χωρίζεται, καὶ πᾶσα ἡ οὐσία αὐτοῦ τῇ κατ' αὐτὸν ἐκκλησίᾳ προσκυροῦται. (N. IX, 1.).

Ὅτι ἐὰν ἡ ἀντίρρησις ἐπὶ αἰτίᾳ γένηται ἐμποδίσαι τῇ χειροτονίᾳ δυναμένῃ κατὰ τοὺς νόμους ἢ τοὺς κανόνας,

Καὶ ὅτι παρόντος ἑκατέρου μέρους ἡ ἐξέτασις γίνεται ἢ τοῦ κατηγόρου ὑπερτιθεμένου ἐπὶ γ' μῆνας πληρῶσαι τὴν κατηγορίαν,

Καὶ ὅτι μὴ δείκνὺς ὁ κατήγορος ἢ ἀποφεύγων ἐκβάλλεται τῆς ἐπαρχίας ᾗ ἐνοικεῖ· γινομένης δὲ τῆς χειροτονίας πρὸ τῆς ἐξετάσεως ὁ μὲν χειροτονηθεὶς ἐξωθεῖται, ὁ δὲ χειροτονήσας ἐπὶ ἐνιαυτὸν κωλύεται τῆς ἁγίας λειτουργίας, καὶ πᾶσα ἡ οὐσία αὐτοῦ προσκυροῦται τῇ κατ' αὐτὸν ἐκκλησίᾳ. (Nom. I, 8.).

Cap. 4. —Ὅτι ἡ ἐπισκοπὴ καὶ δουλικῆς καὶ ἐναπογράφου τύχης ἐλευθεροῖ καὶ ὑπεξουσιότητος. (Nom. I, 36).

—Ὅτι τὰ μετὰ τὴν χειροτονίαν κτηθέντα τοῖς ἐπισκόποις ταῖς αὐτῶν ἐκκλησίαις διαφέρει. (Nom. X, 5).

Cap. 5. —Ὅτι ἐπίσκοπος ἢ μοναχὸς οὐ γίνεται κηδεμών, οἱ δὲ ἄλλοι κληρικοὶ τῶν ἰδίων συγγενῶν κηδεμονεύουσιν, ἐὰν εἴσω δ' μηνῶν παρὰ τῷ ἁρμοδίῳ δικαστῇ οἰκεία προαιρέσει καταδέξωνται· καὶ οὐ προκριματίζονται περὶ ἄλλην κηδεμονίαν. (Nom. VIII, 13).

Cap. 6. — Οὔτε δὲ δημοσίων ἐκλήπτωρ ἢ τελῶν ἢ κτήσεων ἀλλοτρίων ἢ κουράτωρ οἴκου ἢ ἐντολεὺς δίκης ἢ ἐγγυητὴς ὑπὲρ τῶν τοιούτων αἰτιῶν ἐπίσκοπος ἢ οἰκονόμος ἢ ἄλλος κληρικὸς γίνεται ὀνόματι ἰδίῳ ἢ τῆς ἐκκλησίας ἢ τοῦ μοναστηρίου αὐτοῦ. Τὰς δὲ παρακειμένας κτήσεις τοῖς αὐτῶν εὐαγέσιν οἴκοις δύνανται μισθοῦσθαι καὶ ἐμφυτεύεσθαι, πάντων τῶν κληρικῶν καὶ μοναχῶν ἐν συμβολαίῳ ἢ ἐπὶ πράξεως συναινούντων καὶ φανερούντων συμφέρειν τὸ γινόμενον. Καὶ αὐτοὶ δὲ οἱ σεπτοὶ οἶκοι τοῖς κληρικοῖς αὐτῶν μισθοῦσι καὶ ἐμφυτεύουσι χωρὶς τῶν δι' ἑτέρου νόμου κωλυθέντων προσώπων, καὶ αὐτοὶ παρὰ τῶν κληρικῶν ἐκλαμβάνουσιν. Ὁ δὲ παρὰ ταῦτα ποιῶν εἰ μὲν ἐπίσκοπός ἐστι, τὰ πράγματα αὐτοῦ πάντα τῇ ἐκκλησίᾳ αὐτοῦ προσκυροῦται· εἰ δὲ οἰκονόμος ἢ ἄλλος κληρικός, ποινὴν δίδωσι χρηματικὴν τὴν νομιζομένην τῷ ἐπισκόπῳ αὐτοῦ· οἱ δὲ πιστεύσαντες αὐτοῖς τὰς διοικήσεις ἢ λαβόντες αὐτοὺς ἐγγυητὰς οὐκ ἔχουσιν ἀγωγὴν κατ' αὐτῶν ἢ πραγμάτων ἢ ἐγγυητῶν ἢ ἐκκλησιῶν ἢ μοναστηρίων, ἀλλὰ καὶ τὴν συμβαίνουσαν τῷ δημοσίῳ βλάβην οἴκοθεν ἀποθεραπεύουσιν. (Nom. VIII, 13).

Cap. 8. — Ἐπίσκοπος οὔτε ἐπὶ χρηματικῇ οὔτε ἐγκληματικῇ δίκῃ χωρὶς κελεύσεως βασιλικῆς διάγεται ἢ παρίσταται· ὁ δὲ παρὰ ταῦτὰ προστάξας ἢ ἐγγράφως ἢ ἀγράφως καὶ ἀποζώννυται καὶ κ' λίτρας ζημιοῦται τῇ ἐκκλησίᾳ τοῦ ἐπισκόπου, καὶ ὁ ἐκβιβαστὴς ἀποζώννυται καὶ βασανιζόμενος ἐξορίζεται. (Nom. IX, 1).

Cap. 9. —"Οτι κατὰ χρείας ἀναγκαίας ἐκδημοῦντες οἱ ἐπίσκοποι γράμματα λαμβανέτωσαν τῶν πατριαρχῶν αὐτῶν ἢ μητροπολιτῶν ἢ κατὰ κέλευσιν βασιλικὴν ἀποδημείτωσαν. Καὶ οἱ ὑπὸ τὸν Κωνσταντινουπόλεως πατριάρχην χωρὶς ἐπιτροπῆς αὐτοῦ μὴ ἀνίτωσαν. Καὶ ὁ οὕτως ἀποδημῶν μὴ πλέον ἐνιαυτοῦ τὴν ἰδίαν ἐκκλησίαν ἐάτω. Ὁ δὲ παραγινόμενος ἐν Κωνσταντινουπόλει οἱοσδήποτε ἐπίσκοπος εἰσίτω πρὸς τὸν πατριάρχην καὶ δι' αὐτοῦ πρὸς τὸν βασιλέα. Τοῖς δὲ παρὰ ταῦτα καὶ ὑπὲρ τὸν χρόνον ἀποδημοῦσιν οἱ οἰκονόμοι δαπάνας μὴ χορηγείτωσαν, καὶ προτρεπέτωσαν αὐτοὺς οἱ ἱερεῖς ὑφ' οὓς τελοῦσι διὰ γραμμάτων ὑποστρέφειν, καὶ ὑπερτιθεμένους πρὸς τοὺς κανόνας καλείτωσαν, καὶ μὴ ὑποστρέφοντας εἴσω τοῦ ὡρισμένου χρόνου ἐκβαλλέτωσαν καὶ ἄλλους χειροτονείτωσαν. Τὰ αὐτὰ περὶ κληρικῶν οἱουδήποτε βαθμοῦ κρατεῖ. (Nom. VIII, 2).

Cap. 10. —'Επὶ τριετίαν εἶπεν αὐτοὺς τῆς λειτουργίας κωλύεσθαι καὶ μοναστηρίῳ ἐμβάλλεσθαι, ἀδειαν παρασχοῦσα τοῖς ἱερεῦσι μετανοίας ἐπιδεικνυμένης ἐλαττοῦν τὸν χρόνον. (Nom. IX, 27). —'Αδειαν τῷ ἐπισκόπῳ δέδωκε θεωροῦντι μετάνοιαν τοῦ κυβεύσαντος κληρικοῦ ἢ θέαις παρεμβαλόντος μειοῦν τὸ ἐτιτίμιον καὶ πρὸ συμπληρώσεως τοῦ ὁρισθέντος χρόνου ἀποκαθιστᾶν αὐτὸν τῇ θείᾳ λειτουργίᾳ. (Nom. IX, 39).

Cap. 11. —"Οτι ἐπίσκοπος ἢ πρεσβύτερος χωρὶς κανονικῆς αἰτίας ἀφορίζων τινὰ τῆς κοινωνίας, λυομένου τοῦ χωρισμοῦ ὑπὸ τοῦ μείζονος ἱερέως αὐτὸς ἀκοινώνητος γίνεται ἐφ' ὅσον χρόνον ὁ ἱερεὺς ὑφ' ὃν τελεῖ συνίδοι. (Nom. IX, 9).

'Απαγορεύει τοῖς ἐπισκόποις πλήττειν χερσὶν οἰκείαις. (Nom. IX, 26).

"Οτι ἐπίσκοπος κανονικῶς τῆς ἱερωσύνης ἐκπεσὼν καὶ ἐπιβαίνων τῇ πόλει ἀφ' ἧς ἐξεβλήθη ἢ καταλιμπάνων τὸν τόπον ἐν ᾧ διάγειν ἐκελεύσθη, μοναστηρίῳ ἄλλης ἐπαρχίας ἐμβάλλεται. (Nom. IX, 10).

Cap. 13. — Οὐ θέλει διακόνισσαν ἐκκλησίας γίνεσθαι μ' ἐνιαυτῶν ἥττονα . . . φησὶ τὸν χειροτονούμενον πρεσβύτερον μὴ ὀφείλειν εἶναι ἥττονα τῶν λ' ἐτῶν καὶ κε' τὸν διάκονον, τὸν δὲ ἀναγνώστην κ' καὶ τὸν ἐπίσκοπον λε'. (Nom. I, 28).

Cap. 14. — Θέλει τὰ αὐτὰ κρατεῖν καὶ ἐπὶ ταῖς χειροτονίαις τῶν κληρικῶν. (Nom. I, 8). Οτι ὁ χειροτονῶν ἄγαμον ἐρωτάτω αὐτὸν εἰ δύναται χωρὶς νομίμου γαμετῆς σεμνῶς βιοῦν. Ἐν δὲ τῷ καιρῷ τῆς χειροτονίας ἐπιτρέπων διακόνῳ ἢ ὑποδιακόνῳ γαμῆσαι μετὰ τὴν χειροτονίαν τῆς ἐπισκοπῆς ἐκβάλλεται. Πρεσβύτερος δὲ ἢ διάκονος ἢ ὑποδιάκονος μετὰ τὴν χειροτονίαν γαμῶν ἐκβάλλεται τοῦ κλήρου καὶ μετὰ τῶν αὐτοῦ πραγμάτων δίδοται τῇ βουλῇ τῆς πόλεως ἐν ᾗ κληρικὸς ἦν· δευτερογαμῶν δὲ ἀναγνώστης ἢ χήραν ἢ διεζευγμένην λαμβάνων ἢ τοῖς νόμοις ἢ τοῖς κανόσιν ἀπηγορευμένην εἰς ἄλλον μὴ προβαινέτω βαθμόν, ἀλλὰ καὶ προβὰς ἀποκαθίσταται τῷ προτέρῳ. (Nom. IX, 29).

Cap. 15. —"Οτι ἐὰν βουλευτὴς ἢ ταξεώτης ἐπὶ ιε' ἔτη μονάσας γένηται κληρικός, εἶτα γαμήσῃ, ἀποδίδοται τῇ ἰδίᾳ τύχῃ. Τὰ αὐτὰ δὲ καὶ περὶ τῶν ἄλλων κληρικῶν τῶν ἀπὸ μοναχῶν, κἂν μὴ γεγόνασι βουλευταὶ ἢ ταξεῶται. (Nom. IX, 29).

Μηδεὶς τὸν οἰκεῖον κλῆρον ἐῶν γινέσθω κοσμικός, ἐπεὶ καὶ τῆς ὡς εἰκὸς προσούσης αὐτῷ ἀξίας ἢ στρατείας ἀποστερεῖται καὶ τῇ βουλῇ τῆς ἰδίας πόλεως ἀποδίδοται. (Nom. IX, 32).

Cap. 16. —"Οτι ἐν βυζαντίῳ μόνοι οἱ τῆς μεγάλης ἐκκλησίας, οὐ μὴν οἱ τῶν ἄλλων κληρικοὶ τοῖς αὐτῶν συγκληρικοῖς ταῦτα (sc. τὰ ἐμφανιστικὰ) διδόασιν· οἱ δὲ παρασχόντες οὐ διδόα-

σιν πλέον ἑνὸς ἐνιαυτοῦ διάρια· οὔτε δὲ φρόντισμα οἱονδήποτε ἡ διοίκησιν ἐκκλησιαστικήν τις δύναται λαβεῖν ἐπὶ δόσει ἢ ἐπὶ τῶν πτωχείων γίνεσθαι ἢ ξενῶνος ἢ εὐαγοῦς οἴκου προστῆναι. πάντα δὲ τὰ ἐπὶ τούτῳ διδόμενα ἢ ὑπισχνούμενα ἡ ἐκκλησία ἢ ὁ εὐαγὴς οἶκος ἐκδικεῖ. ἐξουσίαν δὲ ἔχουσιν οἱ ἐπίσκοποι καὶ πρὸ τῆς χειροτονίας καὶ μετὰ ταῦτα ταῖς ἐκκλησίαις προσφέρειν. (Nom. I, 24).

Cap. 17. — Ἐὰν δοῦλος εἰδότος καὶ μὴ ἀντιλέγοντος τοῦ δεσπότου κληρωθῇ, ἐλεύθερος καὶ εὐγενὴς γίνεται. Ἀγνοῶν δὲ ὁ δεσπότης εἴσω ἑνὸς ἐνιαυτοῦ τὴν τύχην ἀποδεικνὺς λαμβάνει αὐτόν. Ὁ δὲ οὕτως ἐλευθερούμενος ἐὰν εἰς κοσμικὸν βίον μετέλθῃ, παραδίδοται τῷ δεσπότῃ αὐτοῦ εἰς δουλείαν. (Nom. I, 36. IX, 32. Epit. ad Proch. mut. tit. 34 in Ἀνέκδοτα p. 218).

Οἱ ἐναπόγραφοι καὶ παρὰ γνώμην τῶν δεσποτῶν αὐτῶν κληροῦνται ἐν ταῖς κτήσεσιν ἐν αἷς εἰσὶν ἐναπόγραφοι καὶ πληροῦσι τὴν γεωργίαν. (Epit. cit. in Ἀνέκδ. p. 218).

Cap. 19. — Ὅτι πάντες οἱ κληρικοί, τουτέστι πρεσβύτεροι διάκονοι ὑποδιάκονοι ἀναγνῶσται ψάλται, τὰ ὀπωσοῦν αὐτοῖς κτηθέντα πράγματα κἂν ὑπεξούσιοι ὦσιν ἴδια ἔχουσι καὶ δωροῦνται καὶ διατίθενται ἐπ' αὐτοῖς, οὕτω μέντοι ὥστε τοὺς αὐτῶν παῖδας ἢ τούτων οὐχ ὑπόντων τοὺς γονεῖς αὐτῶν κομίζεσθαι τὸ νόμιμον μέρος. (Nom. I, 31. X, 5. Epit. ad Pr. m. tit. 24 in Ἀνέκδοτα p. 218).

Cap. 21. — Ὁ ἔχων δίκην πρὸς κληρικὸν ἢ διακόνισσαν ἢ μοναχὸν ἢ μονάστριαν ἢ ἀσκήτριαν τῷ ἐπισκόπῳ αὐτῶν προσίτω κἀκεῖνος κρινέτω· καὶ ἐὰν ἐφησυχάσῃ μέρος ἑκάτερον, ὁ ἐκβιβασμὸς διὰ τοῦ ἄρχοντος γινέσθω. Εἰ δέ τις τῶν δικαζομένων εἴσω ι' ἡμερῶν ἀντείπῃ, ὁ τῶν τόπων ἄρχων ἐξεταζέτω τὸ πρᾶγμα, καὶ ἡ βεβαιούτω τὴν ψῆφον καὶ ἐκβιβαζέτω μὴ δυναμένου τοῦ δεύτερον ἐπὶ τούτῳ ἡττηθέντος ἐκκαλεῖσθαι· ἐναντίως δὲ τῷ ἐπισκόπῳ τοῦ ἄρχοντος ψηφιζομένου ἡ τοῦ ἄρχοντος ψῆφος ὑπόκειται ἐκκλήτῳ καὶ κατὰ τὸν νόμον ἀναφέρεται καὶ ἐξετάζεται. Ἐὰν δὲ ἀπὸ κελεύσεως ἢ προστάξεως δικάσῃ ἐπίσκοπος, ἡ ἔκκλητος τὴν ψῆφον αὐτοῦ ἐπὶ τὸν παραπέμψαντα τὴν ὑπόθεσιν ἀναφέρει. (Nom. IX, 1. 6).

Ἐὰν ἔγκλημα κινεῖται κατά τινος τῶν εἰρημένων, εἰ μὲν παρὰ ἐπισκόπῳ καὶ εὑρῃ τὴν ἀλήθειαν, ἐκβαλλέτω αὐτὸν τοῦ βαθμοῦ καὶ τηνικαῦτα ὁ πρόσφορος δικαστὴς αὐτὸν συνεχέτω καὶ τὴν δίκην νομίμως ἐξετάζων ἐπιτιθέτω αὐτῇ πέρας. Εἰ δὲ πρῶτον παρὰ τῷ ἄρχοντι κινηθῇ καὶ ἀποδειχθῇ, φανερούσθω τὰ ὑπομνήματα τῷ ἐπισκόπῳ, καὶ εἰ ἐξ αὐτῶν εὑρῃ τὸ πλημμέλημα, χωριζέτω αὐτὸν τοῦ βαθμοῦ, καὶ ὁ δικαστὴς ἐπιφερέτω αὐτῷ νόμιμον ἐκδίκησιν. Εἰ δέ γε νομίσῃ ὁ ἐπίσκοπος μὴ δικαίως συστῆναι τὰ πεπραγμένα, γινέσθω ὁ κατηγορηθεὶς ὑπὸ νόμιμον ἀσφάλειαν, μὴ ἐξωθούμενος τοῦ ἰδίου βαθμοῦ, ἕως ἂν ἡ βασιλεία τῆς ὑποθέσεως ἐν εἰδήσει διὰ τοῦ ἐπισκόπου καὶ τοῦ ἄρχοντος γινομένη κελεύσῃ τὸ φαινόμενον αὐτῇ. (Nom. IX, 1).

Ἐὰν ὁ ἐπίσκοπος ὑπερτίθεται ἐπὶ τοῖς χρηματικοῖς δικάσαι, ἄδειαν ἔχει ὁ ἐνάγων προσιέναι τῷ ἄρχοντι, ὁ δὲ αἰτιαθεὶς οὐ δίδωσιν ἐγγυητὴν ἀλλ' ὁμολογίαν ποιεῖ ἐνυπόθηκον ἄνευ ὅρκου. Ἐπὶ μὲν τοῖς ἐγκληματικοῖς ὑπὸ τὴν νόμιμον ἀσφάλειαν τὸ κατηγορούμενον πρόσωπον γίνεται, ἐπὶ δὲ τοῖς ἐκκλησιαστικοῖς ὁ ἐπίσκοπος κατὰ τοὺς κανόνας σκοπεῖ, τοῦ ἄρχοντος μηδεμίαν ἔχοντος μετουσίαν. (Nom. IX, 1. 34).

Cap. 22. — Ἐπίσκοποι τῆς αὐτῆς συνόδου πρὸς ἀλλήλους ἔχοντες δίκην παρὰ τῷ μητροπολίτῃ αὐτῶν καὶ ἑτέροις ἐπισκόποις τῆς αὐτῆς συνόδου δικάζονται, καὶ εἰ μὴ μέρος ἑκάτερον ἐμ-

μένει, ὁ πατριάρχης αὐτῶν σκοπεῖ, οὐδενὸς τοῖς παρ' αὐτοῦ τυπουμένοις ἀντιλέγειν δυναμένου Τὸ αὐτό ἐστι κἂν κληρικὸς κατὰ τοῦ ἐπισκόπου αὐτοῦ προσέλθῃ. Προσελεύσεως δὲ κατὰ μητροπολίτου γινομένης ὁ πατριάρχης αὐτοῦ ὁμοίως σκοπεῖ. Ἐπίσκοπος δικαζόμενος οὔτε ἐγγύας δίδωσιν οὔτε ὁμολογίας ποιεῖ. (Nom. IX, 1. 34).

Cap. 23. — Οἱ οἰκονόμοι καὶ πτωχοτρόφοι καὶ νοσοκόμοι καὶ οἱ τοιοῦτοι τῷ ἰδίῳ ἐπισκόπῳ ὑπόκεινται, καὶ τὸ φαινόμενον ἐσφεῖλειν αὐτοὺς ἀπαιτοῦνται, μὴ δυνάμενοι πρὸ τῆς ἀπαιτήσεως εἰς ἄλλο δικαστήριον ἀναχωρεῖν. Ἀλλὰ μετὰ τὴν ἀπαίτησιν εἰ νομίσωσι βεβλάφθαι, εἰ μὲν ἐπίσκοπός ἐστιν ὁ κρίνας, ὁ μητροπολίτης ἐξετάζει· εἰ δὲ ὁ μητροπολίτης ἔκρινεν, ὁ πατριάρχης σκοπεῖ. Εἰ δὲ πρὸ τῆς τῶν λογισμῶν ποιήσεως καὶ τῆς ἀπαιτήσεως τελευτήσῃ τις τῶν εἰρημένων, οἱ κληρονόμοι αὐτοῦ ὑπόκεινται. (Nom. IX, 1).

Cap. 24. — Ἐξ ἐπαρχίας ἐν Κωνσταντινουπόλει εὑρισκόμενος ἐπίσκοπος ἢ κληρικὸς τοῖς ἐνάγουσι παρὰ μόνοις τοῖς ἐπάρχοις τῶν πραιτωρίων ἢ τῷ παρὰ τῆς βασιλείας ἀφοριζομένῳ ἀπολογεῖται, εἰ μὴ ἐπὶ χώρας ἤρχθη ἡ ὑπόθεσις· τότε γὰρ ἐκεῖ πληροῦται. (Nom. IX, 1).

Cap. 25. — Οἱ τῶν ἐκκλησιῶν εὐλαβεῖς ἀποκρισιάριοι οὐκ ἐνάγονται ὑπὲρ τῶν ἐπισκόπων ἢ τῶν ἐκκλησιῶν χάριν δημοσίου ἢ ἰδιωτικοῦ χρέους, εἰ μὴ ἐξ ἐντολῶν τῶν ἐπισκόπων ἢ τῶν οἰκονόμων ἐνάγουσί τισι· τότε γὰρ μόνον αὐτῶν τὰς ἐναγωγὰς ὑποδέχονται. Εἰ δὲ καὶ ἐνόχους ἑαυτοὺς καταστήσουσιν ἐν τῷ ποιεῖν τὰς ἀποκρίσεις, δέχονται τὰς περὶ τούτων ἐναγωγάς. (Nom. IX, 1).

Cap. 26. — Οἱ ἐπίσκοποι καὶ οἱ κληρικοὶ διὰ πρεσβείαν ἢ χειροτονίαν ἀποδημοῦντες οὐκ ἐνάγονται μέχρις ἂν ἐπιστρέψωσι, μὴ βλαπτομένων τῶν ἐχόντων αὐτοὺς ὑπευθύνους ἐκ τῆς αὐτῶν ἀπολείψεως περὶ χρονίαν παραγραφήν. (Nom. IX, 1).

Cap. 27. — Αἱ ὑπομνήσεις καὶ οἱ ἐκβιβασμοὶ μετὰ τιμῆς προσαγέσθωσαν τοῖς κληρικοῖς καὶ μοναχοῖς καὶ ἀσκητρίαις καὶ ἀσκητηρίοις ἐπὶ τοῖς χρηματικοῖς, ἰδιωτικοῖς καὶ δημοσίοις. Καὶ μονάστρια μὲν ἢ ἀσκήτρια τοῦ μοναστηρίου μὴ ἀφελκέσθω, ἀλλὰ δι' ἐντολέως κρινέσθω· ὁ δὲ μοναχὸς τὰς ἰδίας ἢ τὰς τοῦ μοναστηρίου δίκας πραττέτω, εἴτε δι' ἑαυτοῦ εἴτε δι' ἐντολέως θέλει. Εἰ δὲ παρὰ ταῦτα γένηται, ὁ δικαστὴς ἀποζώννυται καὶ ε' λίτρας τοῖς πρίβατοις δίδωσι, καὶ ὁ ἐκβιβαστὴς βασανίζεται καὶ ἐξορίζεται προνοίᾳ τοῦ ἐπισκόπου, ὅστις καὶ ἀναφέρει τῷ [βασιλεῖ τοῦ] ἄρχοντος ὑπερτιθεμένου τὴν ἐκδίκησιν. (Nom. IX, 1).

Cap. 28. — Ὑπὲρ δὲ ὑπομνήσεως χρηματικῆς ἢ ἐγκληματικῆς τὰ τοιαῦτα πρόσωπα ἔν τε Κωνσταντινουπόλει καὶ ὁπουδήποτε οὐ πλέον τῶν δ' κερατίων διδόασιν. Εἰ δὲ κατὰ κέλευσιν βασιλικὴν ἢ παρὰ ἄρχοντος ἢ πατριάρχου σταλῇ τις εἰς ὑπόμνησιν αὐτῶν, οὐ πλέον λήψεται ἑνὸς νομίσματος. Εἰ δὲ πολλὰ τοιαῦτα πρόσωπα ἐπὶ μιᾷ καὶ τῇ αὐτῇ αἰτίᾳ ὑπομνησθῶσιν, ἑνὸς μόνου προσώπου διδόασιν. Ἐπίσκοπος ὑπὲρ τῶν ἰδίων πραγμάτων ἐναγόμενος δίδωσι σπόρτουλα, ὑπὲρ δὲ τῆς ἐκκλησίας αὐτοῦ μὴ ὀχλείσθω, ἀλλ' ὁ οἰκονόμος ἢ ὁ ἐπὶ τούτῳ προβαλλόμενος. Ὁ δὲ παρὰ ταῦτα σπόρτουλα λαβὼν τὸ διπλοῦν ἀναδίδωσι, καὶ ὑπὸ στρατείαν μὲν ὢν ἀποζώννυται, κληρικὸς δὲ καθαιρεῖται. (Nom. IX, 1).

Cap. 29. — Μηδεὶς κληρικὸς γυναῖκα μὴ ἔχων ἐπείσακτον ἐχέτω ἐν τῷ οἴκῳ αὐτοῦ πλὴν μητρὸς καὶ ἀδελφῆς καὶ θυγατρὸς καὶ τῶν ἄλλων ἀνυπόπτων. Εἰ δὲ μὴ ταῦτα παραφυλάττοι καὶ δὶς ὑπομνησθεὶς ὑπὸ τοῦ ἐπισκόπου ἢ τῶν συγκληρικῶν μὴ ἐκβάλλῃ αὐτήν, ἢ κατηγορηθεὶς ἀπο-

δειχθῇ συναναστρεφόμενος ἀσέμνως αὐτῇ, καθαιρείσθω καὶ διδόσθω τῇ βουλῇ τῆς πόλεως ἧς ἦν κληρικός. Ἐπίσκοπος δὲ καθόλου γυναικὶ συνοικῶν καθαιρεῖται. (Nom. VIII, 14).

Cap. 30. — Οὔτε δὲ διακόνισσα συνοικεῖν δύναταί τινι δυναμένῳ σχεῖν ὑποψίαν ἀσεμνον· ὑπομιμνησκομένη δὲ παρὰ τοῦ ἐπισκόπου ἐὰν αὐτὸν ἐκβαλεῖν ὑπερτίθηται, στερεῖται τῆς ὑπηρεσίας καὶ τῶν διαρίων καὶ ἐμβάλλεται εἰς μοναστήριον ὅλην τὴν ζωὴν αὐτῆς· καὶ τὰ πράγματα αὐτῆς εἰ μὲν ἔχει παῖδας, ἀναλόγως εἰς αὐτὴν καὶ αὐτοὺς μερίζονται καὶ τὸ ἁρμόζον αὐτῇ μέρος τὸ μοναστήριον ὑπὲρ ἀποτροφῆς αὐτῆς λαμβάνει· εἰ δὲ μὴ ἔχει παῖδας, ἡ ἐκκλησία ἐν ᾗ ἦν καὶ τὸ μοναστήριον ἐξίσης αὐτὰ μερίζονται. (Nom. VIII, 14).

Cap. 34. — Ὁ ἐπίσκοπος τὸν ἀββᾶν ἢ τὸν ἀρχιμανδρίτην ἑκάστου μοναστηρίου μὴ πάντως κατὰ βαθμὸν προβαλλέτω, ἀλλ' ὃν οἱ μοναχοὶ πάντες ἢ οἱ εὐὐπόληπτοι ἐπιλέξονται, ἐπὶ τῶν εὐαγγελίων λέγοντες ὡς οὐ διὰ φιλίαν ἢ χάριν αὐτὸν ἐπελέξαντο, ἀλλὰ γινώσκοντες αὐτὸν ὀρθόδοξον καὶ σώφρονα καὶ διοικήσεως ἄξιον καὶ δυνάμενον φυλάσσειν τὴν ἐπιστήμην τῶν μοναχῶν καὶ τὴν τοῦ μοναστηρίου κατάστασιν. Τὰ αὐτὰ καὶ περὶ τῶν γυναικείων μοναστηρίων καὶ ἀσκητηρίων. (Nom. XI, 3).

Cap. 35. — Ὅτι τῷ βουλομένῳ σχῆμα μοναχικὸν λαβεῖν εἰ μὲν γινώσκεται ὡς οὐχ ὑπόκειται τύχῃ, ὁ ἡγούμενος ὅτε νομίσει διδότω αὐτῷ τὸ σχῆμα. Εἰ δὲ ἀγνοεῖται, ἐπεχέτω. Καὶ ἐάν τις ἔσω τριετίας ἀποδείξῃ αὐτὸν δοῦλον ἢ ἐναπόγραφον ἢ κολωνόν, λαμβάνει αὐτὸν μεθ' ὧν ὡς εἰκὸς ὑφείλετο πραγμάτων, διδοὺς αὐτῷ λόγον. μηδενὸς δὲ ἔσω τριετίας ἐνάγοντος, εἴπερ ἄξιον αὐτὸν κρίνει, διδότω αὐτῷ τὸ σχῆμα. καὶ οὐκ ὀχλεῖται· τὰ δὲ πράγματα ἅπερ εἰς τὸ μοναστήριον ἤγαγε, λαμβάνει ὁ δεσπότης. (Nom. XI, 1. 3).

— Ὅτι ὁ διὰ τὸ μονάσαι ἐλευθερωθεὶς ἐὰν κοσμικὸς γένηται ἢ ἐν πόλεσιν ἢ ἐν ἀγροῖς περιέρχηται, ἀποδίδοται τῇ ἰδίᾳ τύχῃ. (Nom. IX, 32).

Cap. 36. — Οὐ μένουσι δὲ ἅμα μοναχοὶ καὶ μονάστριαι, ἀλλ' οἱ ἄνδρες εἰς ἑτέρους μεθίστανται τόπους, καὶ διαιροῦνται εἰς αὐτοὺς τὰ πράγματα πρὸς τὸ ἁρμόζον αὐτοῖς δίκαιον. (Nom. XI, 1).

Cap. 37. — Ὅτι ὁ βεβαρημένος ληγάτῳ ἢ ἀποκαταστάσει ὑπὸ αἱρεσιν γάμου ἢ ἀπαιδίας [1]), ἢ ἐὰν οὕτω δωρηθῇ ἢ ἐαθῇ τινι, καὶ γένηται κληρικὸς ἢ μοναχὸς ἢ διακόνισσα ἢ ἀσκήτρια, σβέννυται ἡ ἀποκατάστασις. ἀλλ' ἐπὶ μὲν κληρικῶν καὶ διακονισσῶν τῶν ἐκκλησιῶν κρατεῖ, ὅτε μέχρι τῆς ἰδίας ζωῆς τοῖς τοιούτοις ἐπιμένοιεν, καὶ τὰ ὑπὸ τοιαύτην αἵρεσιν δωρηθέντα ἢ καταλειφθέντα εὐσεβῶς δαπανήσουσιν ἢ καταλιποῦσιν [2]). οἱ γὰρ μοναχοὶ καὶ αἱ ἀσκήτριαι κἂν τῶν μοναστηρίων αὐτῶν ἐξέλθωσιν, ὅμως τὰ τοιαῦτα πράγματα μετὰ τῶν ἄλλων αὐτῶν πραγμάτων τοῖς μοναστηρίοις διαφέρει. εἰ δὲ ἐπὶ ἀναῤῥύσει αἰχμαλώτων ἢ πτωχῶν ἀποτροφῇ ὑπὸ τὰς εἰρημένας αἱρέσεις ἡ ὑποκατάστασις γένηται, ἐξ οὐδενὸς τῶν εἰρημένων ἀποκλείεται τρόπων. (Nom. II, 1. XI, 1. Epit. ad Pr. mut. tit. 11).

Cap. 38. — Τοῦ εἰσιόντος εἰς τὸ μοναστήριον εἴπερ οὐκ ἔχει παῖδας, τὰ πράγματα τῷ μοναστηρίῳ διαφέρουσιν. εἰ δὲ παῖδας ἔχει καὶ οὐ διετύπωσε περὶ τῶν αὐτοῦ πραγμάτων πρὶν εἰσέλθῃ, ἄδειαν ἔχει καὶ μετὰ ταῦτα διατυποῦν, καὶ οὐ δύναται τὸ νόμιμον αὐτῶν μέρος μειοῦν.

---

1) Bodlej. 3399. παιδοποιΐας.
2) Bodlej. καταλείψωσιν.

καὶ ἑαυτῷ δὲ φυλάττει παιδὸς ἑνὸς ἀναλογίαν ὀφείλουσαν τῷ μοναστηρίῳ προσκυρωθῆναι. εἰ δὲ τελευτήσῃ ἐν τῷ μοναστηρίῳ πρὶν ποιήσῃ τὴν διατύπωσιν, τὸ μὲν νόμιμον οἱ παῖδες λαμβάνουσι, τὰ δὲ λοιπὰ τὸ μοναστήριον. (Nom. XI, 1. Epit. ad Proch. m. tit. 24 in Ἀνέκδοτα p. 219).

Cap. 39. — Οὐδεὶς τῶν μνηστήρων προφάσει τῶν ἀῤῥαβώνων ζημιοῦται μονάζων. (Nom. XI, 1).

Cap. 40. — υπβ′[1]). Καὶ ὁ γάμος ἐκ τοῦ λαβεῖν τὸν ἕνα τῶν συνοικούντων τὸ μοναχικὸν σχῆμα λύεται χωρὶς βεπουδίου, καὶ ἀναλαμβάνει ἡ γυνὴ τὴν προῖκα καὶ τὰ ἄλλα αὐτῆς πράγματα, τῷ δὲ μὴ μονάσαντι τὸ ἀπὸ τελευτῆς συμφωνηθὲν κέρδος ἁρμόζει· εἰ δὲ ἅμα οἱ δύο ἀποτάξωνται, οὐδεὶς αὐτῶν ἐκ τοῦ ἑτέρου κερδαίνει εἰ μὴ ἐκών τις τῷ ἑτέρῳ δωρήσηται. (Nom. XI, 1. Epit. ad Proch. mut. tit. 11 in Ἀνέκδοτα p. 210).

Cap. 41. — υπγ′. Οὔτε τοὺς παῖδας οἱ γονεῖς οὔτε τοὺς γονεῖς οἱ παῖδες μονάζοντας δύνανται ἀποκληρονόμους ποιεῖν ὑπὲρ αἰτίας πρὸ τοῦ μοναχικοῦ βίου παρακολουθησάσης. (Epit. cit. in Ἀνέκδοτα p. 210).

υπδ′. Οἱ γονεῖς οὐ δύνανται μονάζοντος τοὺς ἰδίους παῖδας ἀφέλκειν τῶν μοναστηρίων. (Epit. cit. tit. 24 in Ἀνέκδοτα p. 210).

Cap. 42. — υπε′. Μεθισταμένου μοναχοῦ εἰς μοναστήριον ἕτερον, ἅπερ ἔχει πράγματα ἐν τῷ ἐξιέναι τῷ πρώτῳ μοναστηρίῳ διαφέρει. (Nom. XI, 1. Epit. cit. in Ἀνέκδοτα p. 211).

υπς′. Προνοίᾳ τοῦ ἐπισκόπου μήτε μοναχοὶ μήτε μονάστριαι ἐν ταῖς πόλεσι περιερχέσθωσαν, ἀλλὰ διὰ τῶν ἀποκρισιαρίων τὰς ἀποκρίσεις αὐτῶν ποιείτωσαν ἐν τοῖς μοναστηρίοις μένοντες. (Nom. XI, 4. Epit. cit. in Ἀνέκδοτα p. 211).

Ὅτι ἐὰν μοναχὸς γένηται λαϊκός, γυμνοῦται τῆς στρατείας καὶ τιμῆς καὶ διὰ τοῦ ἐπισκόπου μεθ' ὧν ἐπεκτήσατο εἰς μοναστήριον βάλλεται. εἰ δὲ πάλιν καταλίπῃ τὸ μοναστήριον, ὁ ἄρχων τῆς ἐπαρχίας, ἐν ᾗ συνελήφθη, ἑνοῖ αὐτὸν τῇ ἐπιχωρίῳ τάξει. (Nom. IX, 32).

Cap. 43. — Ὅτι οἱ ἁρπάζοντες ἢ ὑπονοθεύοντες ἢ διαφθείροντες ἀσκήτριαν ἢ μονάστριαν ἢ διακόνισσαν ἢ ἄλλο εὐλαβὲς ἔχουσαν σχῆμα καὶ οἱ μετασχόντες κεφαλικῶς τιμωροῦνται, καὶ τὰ πράγματα αὐτῶν τῇ ἐκκλησίᾳ ἢ τῷ μοναστηρίῳ τῆς ὑβρισθείσης περιποιοῦνται διὰ τοῦ ἐπισκόπου ἢ τοῦ οἰκονόμου καὶ τῶν ἀρχόντων καὶ τῶν τάξεων· αὐτὴ δὲ μετὰ τῶν αὐτῆς πραγμάτων μοναστηρίῳ ἐμβάλλεται ἀσφαλῶς φυλαχθησομένη. εἰ δὲ διακόνισσά ἐστιν νομίμους ἔχουσα παῖδας, τὸ νόμιμον μέρος λαμβάνουσιν. εἰ δὲ ἐπί ἐνιαυτὸν μετὰ τὸ γνωσθῆναι τὸ μῦσος μὴ ἐκδικήσωσι τὰ πράγματα οἱ εὐαγεῖς οἶκοι, ὁ φίσκος αὐτὰ λαμβάνει, τοῦ ἀμελοῦντος ἐκδικῆσαι ἄρχοντος ἀποζωννυμένου καὶ ε′ λίτρας τοῖς πριβάτοις προστιμωμένου. (Nom. XI, 29. 30).

Cap. 44. — Μηδεὶς λαϊκὸς καὶ μάλιστα οἱ σκηνικοὶ καὶ αἱ πόρναι κεχρήσθω ἢ μιμείσθω τὸ μοναχικὸν σχῆμα, ἐπεὶ καὶ σωματικῶς τιμωρεῖται καὶ ἐξορίζεται. (Nom. XI, 12).

— Περὶ σαμαρειτῶν. (Athan. III, 2) — Jul. 116 (117) = Nov. CLIX (129).
Nom. 10, 8.
— (Athan. II, 3) — Jul. 119 (120) = Nov. CLI (131).

---

1) Den Themata 482—486 entsprechen bei Julian die c. 487—491.

Bas. IV p. 90.
c. 1 — Nom. 1, 2.
c. 3 — Nom. 1, 5.
c. 7 — Nom. 11, 1. 3, 14.
c. 8 — Nom. 3, 14.
c. 10 — Nom. 2, 1.
c. 11 — Nom. 2, 1.
c. 12 — Nom. 2, 1. 9, 27.
c. 13 — Nom. 10, 5.
c. 14 — Nom. 10, 8.

Νεαρὰ ρκ′ (oder ρκγ′) περὶ τῆς καθαρότητος τῶν ὅρκων τῶν δικῶν. — Jul. 122 = Nov. CLIII (124).
Nom. 13, 18. Basil. II p. 558.

— (Athan. I, 14) — Fehlt bei Jul. = Nov. C (133).
Nom. 9, 35.

— (Athan. I, 17) — Fehlt in Jul. = Nov. CLXXIV (137).
c. 2 — Nom. 1, 28.
c. 3 — Nom. 1, 8. 9, 1.
c. 4 — Nom. 8, 8.
c. 5 — Nom. 9, 1.
c. 6 — Nom. 3, 1.

— (Athan. III, 4) — Fehlt bei Jul. = Nov. CXLVII (132).
Nom. 3, 15.

— (Athan. III, 5) — Fehlt bei Jul. = Nov. CLXII (146).
Nom. 12, 3.

Νεαρὰ. . τυποῦσα παραπέμπεσθαι τὸ τῆς διασκέψεως δίκαιον. — Fehlt bei Jul. = Nov. CXLIX (158).
Bas. IV. p. 54. 60.

Νεαρὰ ρλ′ περὶ τοποτηρητῶν. — Jul. in appendice. = Nov. CLXVI (134).
Basil. III. p. 172.
c. 9 — Nom. 9, 1.
c. 10 — Epit. ad Pr. m. tit. 11 in Ἀνεκδ. p. 220. Nom. 11, 1.
c. 11 — Epit. ad Pr. m. tit. 11 in Ἀνεκδ. p. 220. cf. Nom. 13, 4.
c. 12 — Nom. 11, 1.

Νεαρὰ ρλβ′ περὶ συναλλαγμάτων ἀργυροπρατῶν. — Jul. 118 = Nov. XLIX (136).
Epit. ad Pr. m. tit. 16 in Ἀνεκδ. p. 221. Zu § 6 vergl. Bas. II p. 477.

Νεαρὰ ρλγ′ περὶ δωρεῶν μεταξὺ ἀνδρὸς καὶ γυναικός[1]). — Fehlt bei Jul. = Nov. CVII (162).

Epit. ad Pr. m. tit. 10 in fine in Ἀνεκδ. p. 223.

Νεαρὰ ρμ′ περὶ τῶν εὐνουχιζόντων. — Fehlt bei Jul. = Nov. CLXX (142).

Nom. 1, 14. Bas. V p. 297.

Νεαρὰ ρμα′ περὶ γυναικὸς ἁρπαγείσης καὶ γαμηθείσης τῷ ἁρπάσαντι. — Fehlt bei Jul. = Nov. CLXXIII (143).

Nom. 9, 30. Epit. ad Pr. m. tit. 7 in fine in Ἀνεκδ. p. 222.

Νεαρὰ ρμβ′. — Fehlt bei Jul. = Nov. CXXXV (153).

Epitome 38, 6. Ἀνέκδ. p. 222.

Νεαρὰ ρμη′. — Fehlt bei Jul. = Nov. (140) Justini (Coll. I Nov. 2).

Epit. ad Pr. mut. tit. 11 in Ἀνεκδ. p. 222.

Nom. 13, 4. Basil. III p. 230.

Νεαρὰ ρνζ′. — Fehlt bei Jul. = Nov. CXLII.

Bas. I p. 812.

— Περὶ μετάξης. — Fehlt bei Jul. = Nov. CLIV.

Epit. ad Pr. m. tit. 14 in Ἀνεκδ. p. 263 not. 46.

Νεαρὰ ρξε′ περὶ ἀργυροπρατῶν. — Fehlt bei Jul. = Nov. LIX (Edict. 9).

Epit. ad Pr. m. tit. 16 in Ἀνεκδ. p. 224.

III.

Von den Bearbeitungen des Codex, welche in der Collectio tripartita und von Enantiophanes-Anonymus benutzt sind.

Die in dem ersten Abschnitte der *tripartita collectio* enthaltene Summe von tit. 1—13 lib. I des Codex nebst deren Paratitlen ist weder von Isidorus, noch von Thalelaeus oder Theodorus. Im Nomoc. L titt. haben sich lib. I Cod. tit. 1. c. 1. 4, tit. 2 c. 1. 6. 16, tit. 3 c. 9. 14. 19. 23. 32. 42. 45. 47, tit. 4 c. 25, tit. 5 c. 8. 16. 21, tit. 7 c. 1. 6, tit. 9 c. 18, tit. 12 c. 3 aus dem Index des Isidorus[2]) erhalten, die durchaus von den Summen in der *Collectio tripartita* verschieden sind. Ebenso wenig sind dieselben dem Index des Thalelaeus verwandt, wie sich aus einer Vergleichung derselben mit den betreffenden im ersten

1) Für eine νεαρὰ β′ περὶ σαμαρειτῶν mit der Ordnungszahl ρλγ′ ist also hier kein Platz. Was Enantiophanes an Auszügen aus dieser Novelle in Nom. 4, 4. 7 und 10, 8 giebt, ist offenbar Alles aus Athan. III, 3 genommen.

2) Beachtenswerth ist, wie ich beiläufig bemerken will, dass das κατὰ πόδας und der Index des Isidorus von Cod. I, 2, 16 (Pitra II p. 463 und Voelli et Justelli bibl. II p. 606) den Schlusssatz der Constitution von der προεδρία des Patriarchen von Konstantinopel nicht kennen. Die Summe in der collectio tripartita hebt den Satz hervor. Liegt hier eine erst bei der zweiten Ausgabe des Codex vorgenommene Interpolation vor?

Buche der Basiliken uns erhaltenen Indices des Thaleläus erhellt (vgl. to. XXIII n. 6 dieser Mémoires). Endlich kennen wir Summen aus dem σύντομος κῶδιξ des Theodorus z. B. von lib. I Cod. tit. 2 c. 2 (Voelli et Justelli bibl. II p. 1381), tit. 4 c. 7 (Meerman thes. VI p. 868), tit. 5 c. 21 (Basil. ed. Heimb. II. p. 416) tit. 9 c. 8. 14 und tit. 11 c. 5. 6 (Synops. p. 362. 364 sq.), tit. 12 c. 6 (Meerm. thes. VI p. 868), und auch diese Summen sind wesentlich andere als die in der *collectio tripartita*. Aus welcher Quelle ist denn nun lib. I Cod. tit. 1—13 im ersten Abschnitt der *collectio tripartita* geschöpft?

Biener bemerkt in seiner Geschichte der Novellen S. 186 f: «die kürzeste Bearbeitung des Codex, welche Matthäus Blastares in seiner Vorrede nennt, ist von Anatolius: doch wissen wir auch dass Stephanus eine abgekürzte Bearbeitung des Codex geliefert hat. Eine von beiden kann wohl als Quelle gedient haben: wahrscheinlich die letztere, deren Andenken sich überhaupt so wenig fortgepflanzt hat, dass Blastares sie gar nicht einmal erwähnt fand.» (Blastares hat wohl nur diejenigen Bearbeitungen genannt, welche in den Basiliken und deren Scholien benutzt sind: Stephanus aber ist hier nicht benutzt). Im Anschluss an Biener habe ich alsdann in meinen Ἀνέκδοτα p. 176 sqq. die Vermuthung, dass Stephanus benutzt sei, näher zu begründen gesucht. Später jedoch habe ich in der Münchener Zeitschr. für Rechtsgesch. Bd. X S. 54 eine abweichende Ansicht aufgestellt. Ich glaubte damals annehmen zu müssen, dass es überhaupt nicht eine von der des Anatolius verschiedene Summe des Codex von Stephanus gegeben habe, sondern dass die dem letzteren zugeschriebenen Fragmente ebenfalls der Summe des Anatolius angehörten und dass der Name des Stephanus auf einer ψευδεπιγραφὴ der als Quelle benutzten Handschriften beruhe.

Allein neuerdings ist auf diese Frage ein helleres Licht geworfen worden durch eine Publication von Ferrini. (Anecdota Laurentiana et Vaticana in quibus praesertim Codicis Justiniani Summae ab Anatolio confectae plurima fragmenta continentur. Berolini apud S. Calvary ejusque socium. 1884. 4.) Derselbe hat aus zwei Handschriften, dem Palat. 19 und dem Laurent. LXXX, 6, eine ganze Reihenfolge von Auszügen aus einer griechischen Summa des Codex herausgegeben. Er bezeichnet dieselbe als die des Anatolius, da sich die unter jenen Auszügen vorkommenden Summen von Cod. 4, 32, 11 u. 9, 16, 1 in den Scholien der Basiliken ed. Heimb. II p. 724 und V p. 768 unter der Ueberschrift Ἀνατολίου wiederfinden. Als weiteren Beweis möchte ich auch noch anführen, dass unter jenen Auszügen sich folgende Summe von Cod. 9, 28, 1 befindet: Ὁ ἄρχων κλέψας χρήματα τὴν κεφαλὴν ἀπολλύτω, während es in den Scholien der Basiliken to. V p. 820 heisst: Τὴν κεφαλὴν ἀποτέμνονται, ὡς φησιν Ἀνατόλιος. (Beiläufig bemerkt, dürfte danach das ungewöhnliche und unpassende τὴν κεφαλὴν ἀπολλύτω in τὴν κεφ. ἀποτεμνέσθω zu ändern sein). Und dem steht nicht entgegen, dass Heimbach ed. Basil. II p. 721 not. l. eine Stelle des Anatolius für eine Summe der l. 4 C. 4, 32 ausgiebt, während bei Ferrini die Summe dieser Constitution ganz anders lautet; denn Heimbach hat sich nur geirrt, und auf l. 4 bezogen, was auf l. 22 C. ibi. ging. — Ferrini macht übrigens selbst darauf aufmerksam, dass in den Auszügen nicht immer die Reihenfolge der Bücher, Titel und Constitutionen des Codex inne gehalten werde,

und dass unter dieselben mitunter fremdartige Bruchstücke (frammenti tolti dai Basilici?) gemischt seien. Und es lassen sich daher allerdings im Einzelnen Zweifel nicht abweisen, ob die Summe einer Constitution in den publicirten Bruchstücken aus Anatolius stamme oder aus einer anderen Quelle geschöpft sei. Im Allgemeinen aber kann man durch eine Vergleichung der von Ferrini publicirten Auszüge mit der Summa von lib. I tit. 1—13 des Codex in der *tripartita collectio* und mit den von Enantiophanes — Anonymus angeführten Stellen die Frage entscheiden, ob dort ein Stück der Summa des Anatolius vorliegt und ob Enantiophanes-Anonymus derselben folgt.

Fragen wir zunächst, ob Enantiophanes-Anonymus den Anatolius benutzte. Es kommen hiebei nicht blos die Summen in Betracht, welche Enantiophanes im Nomokanon ausser den aus der *Collectio tripartita* geschöpften anführt, sondern auch diejenigen, welche in Basilikenscholien vorkommen und welche als von Enantiophanes oder Anonymus herrührend bezeichnet werden müssen. Von jenen und diesen habe ich folgende notirt:

Cod. I, 14, 11. — Ὁ μήπω κρατήσας νόμος ἀλλ' ἐν τῇ συνηθείᾳ ὡς νέος ἀμφιβαλλόμενος τῷ βασιλεῖ ὀφείλει ἀναφέρεσθαι καὶ τὴν τομὴν δέχεσθαι. (Basil. I p. 40. Cf. Epit. 1, 34. 2, 24.)

Cod. I, 17, 1 § 10 — Ῥώμην αὐτὴν (scil. τὴν Κωνσταντινούπολιν) ὀνομάζεσθαι λέγει. (Nom. VIII, 1.)

Cod. II, 3, 11. — ὅτι ἐὰν γυνὴ ἐν προικὶ ἀγρὸν ἐπιδοῦσα δανεισταῖς ὑποκείμενον συμφωνήσῃ τοὺς τόκους αὐτοῖς διδόναι τὸν ἄνδρα, οὐκ ἔρρωται, κἂν ἐπερώτησις γέγονεν, οὔτε ἀγωγὴ ἁρμόζει τῷ υἱῷ μὲν αὐτῆς προγονῷ δὲ τοῦ ἀνδρός. εἰ δὲ ἀέστιμάτος ἦν ὁ ἀγρός, ἔχει τὴν ἐξ βένδιτο ἀγωγήν. (Bas. III p. 475. Epit. 11, 4.)

Cod. II, 3, 15. — μηδὲν ἰσχύει τὸ ἐν τῷ προικῴῳ πακτευόμενον περὶ τῆς τοῦ πατρὸς διαδοχῆς. (Bas. IV p. 485.)

Cod. II, 3, 28. — ὅτι ὁ χωρὶς ἐπερωτήσεως ψιλῶς τι διδόναι συμφωνήσας εἰ καὶ ἐπί τινας ἐνιαυτοὺς παράσχῃ, οὐκ ἐνέχεται ὑπὲρ τῆς (?) τοῦ μέλλοντος χρόνου. (Bas. II p. 687.)

Cod. II, 4, 41. — ὅτι ὁ τέλειος τὴν κατὰ τοῦ θεοῦ ἢ τοῦ βασιλέως ἐνωμότως χωρὶς ἀνάγκης γενομένην παρ' αὐτοῦ διάλυσιν παραβαίνων ἐν τῷ προσιέναι βασιλεῖ ἢ ἄρχουσιν ἢ μὴ ποιεῖν τὰ δόξαντα ἀτιμοῦται, καὶ τῆς ἀγωγῆς ἐκπίπτει καὶ ὧν ἔμελλεν ἐκ τῆς διαλύσεως κερδαίνειν, καὶ δίδωσι τὴν ὁρισθεῖσαν ποινήν, καὶ πάντα λαμβάνουσιν οἱ ἐμμένοντες. (Nom. XIII, 18) — ὅτι ὁ ἐν διαλύσει ἐπιορκῶν κατὰ τοῦ θεοῦ ἀτιμοῦται. (Bas. II. p. 565.)

Cod. II, 4, 42. — ὅτι ἐὰν ἀπὸ πλαστῶν δικαιωμάτων πάκτον ἢ διάλυσις γένηται καὶ ὅρκον ἔχῃ προσκείμενον, ἀνατρέπεται κἂν χρηματικῶς ἐζητήθη τὸ πλαστόν, εἰ μὴ καὶ ἐπ' αὐτῷ γέγονε διάλυσις. (Nom. VIII, 13.)

Cod. II, 10, 1. — ὅτι ὁ δικαστὴς ἀναπληροῖ τὰ πρὸς νόμον ἐλλιπῶς λεχθέντα τῷ λιτιγάτωρι ἢ τῷ συνηγόρῳ. (Bas. IV p. 237.)

Cod. II, 11, 15. — ὅτι συγχωρεῖται τῇ χήρᾳ τὸ στυγνότερον σχῆμα, οὐ μὴν καὶ ὁ γάμος εἴσω τοῦ πενθίμου χρόνου. (Bas. II p. 442.)

Cod. II, 11, 19. — ὅτι οὐκ ἐκ διαλαλιᾶς ἀλλ' ἐκ ψήφου τὶς ἀτιμοῦται. (Bas. II p. 446.)

Cod. II, 11, 20. — ὅτι ὁ τόκον ἀπηγορευμένον λαμβάνων ἢ παρανόμως τόκους τόκων ἀτιμοῦται. (Bas. III p. 58.)

Cod. II, 18, 6. — Οὐ καλῶς ὁ πατὴρ ἐν διαθήκῃ δίδωσι προκουράτωρα. εἰ δὲ ὁ δοθεὶς διοικήσει, ἐνέχεται τῇ νεγοτιόρουμ γεστόρουμ. (Bas. I p. 361.)

Cod. II, 18, 14. — ὅτι ἐὰν κατὰ μανδάτον μου διοικήσῃς τὰ πράγματά μου καὶ τὰ τῆς γυναικός μου, μεταξὺ ἐμοῦ καὶ σοῦ ἁρμόζει ἡ μανδάτι, μεταξὺ δὲ σοῦ καὶ τῆς γαμετῆς μου ἡ νεγοτιόρουμ γεστόρουμ. (Bas. II p. 103 sq.)

Cod. II, 54, 3. — ὅτι ἐν τῷ βόνα φίδε δικαστηρίῳ καὶ οἱ τέλειοι καῦσα κογνίτα βοηθοῦνται. (Bas. IV p. 280.)

Cod. III, 9, 1. — ἡ ἔκδοσις τῆς ἀγωγῆς οὐ ποιεῖ προκάταρξιν ἀλλὰ τὸ τὸν δικαστὴν διὰ τοῦ διηγήματος γνῶναι τὸ πρᾶγμα. (Bas. V p. 341.)

Cod. III, 10, 3. — ὅτι ὁ εἰς πλέον τοῦ ἰδίου χρέους κατὰ δόλον ἀσφάλειαν λαβών, εἰ μὲν πρὸ τῆς προκατάρξεως μεταμεληθῇ, οὐ βλάπτεται· εἰ δὲ μετὰ προκάταρξιν ἐλεγχθῇ, ἐκπίπτει τοῦ χρέους. (Bas. II p. 604.)

Cod. III, 12, 5. — ὅτι ἐν ταῖς προλαβούσαις τοῦ πάσχα μ΄ ἡμέραις πᾶσα ζήτησις τῶν ἐγκληματικῶν βασάνων σχολάζει. (Nom. VII 1.)

Cod. III, 12, 6. — ὅτι ἄπρακτοί εἰσιν αἱ πρὸ τοῦ πάσχα ζ΄ ἡμέραι καὶ ζ΄ μετὰ τὸ πάσχα, καὶ ἡ χριστουγέννα καὶ τὰ θεοφάνεια καὶ ἡ τοῦ πάθους τῶν ἀποστόλων καὶ ἡ κυριακὴ, καὶ ἐν ταῖς τοιαύταις ἡμέραις οὔτε θέα τελεῖται οὔτε δίκη λέγεται. (Nom. VII 1.) — λέγει τὴν κυριακὴν ἄπρακτον εἶναι (Nom. VII 3.)

Cod. III, 12, 7. — ἐν ταῖς ιε΄ ἡμέραις τοῦ πάσχα οὔτε χρέος ἰδιωτικὸν ἢ δημόσιον ἀπαιτεῖται.. ἐπιτρέπει ἐν ταῖς αὐταῖς ιε΄ ἡμέραις ἐλευθερίας καὶ ἐμαγκιπατίονας πράττεσθαι καὶ τὰ ἐπ᾽ αὐταῖς ὑπομνήματα συνίστασθαι. (Nom. VII, 1.)

Cod. III, 12, 8. — ὅτι καὶ ἐν τῇ μ΄ καὶ ἐν τῇ ἡμέρᾳ τοῦ πάσχα βασανίζονται οἱ λῃσταὶ ἐφ᾽ ᾧ καὶ τοὺς συνίστορας ἐξειπεῖν, καὶ διαφερόντως οἱ Ἴσαυροι. (Nom. VII, 1.)

Cod. III, 12, 9. — ὅτι ἐν αὐτῇ (scil. τῇ κυριακῇ) οὐχ ὑπομιμνήσκεταί τις ἢ ἐγγύας ἀπαιτεῖται ἢ δημόσιον ἢ ἰδιωτικὸν χρέος, οὔτε δικάζεται, οὔτε σκηνικὴ θέα ἢ κυνήγια ἢ ἱπποδρόμιον τελεῖται. ἀλλ᾽ εἰ καὶ φθάσῃ βασιλέως ναύλιον ἐν κυριακῇ, ὑπερτίθεται τὸ θεώριον. ὁ δὲ θεωρῶν ἐν κυριακῇ ἀποστρατεύεται καὶ δημεύεται, καὶ ὁ ἐκβιβαστὴς παραβὰς τὸν νόμον. ἔξεστι δὲ πακτεύειν καὶ διαλύειν ἐν κυριακῇ. (Nom. VII, 3.)

Cod. III, 24, 1. — Ὁ μὴ ὢν ἰλλούστριος, ἀλλὰ μόνον λαμπρότατος, ἁρπαγὴν ἐν ἐπαρχίᾳ παρθένου πλημμελήσας ἐκεῖ τοῖς νόμοις ὑποβάλλεται μὴ χρώμενος φόρου παραγραφῇ. (Nom. IX, 30).

Cod. III, 37, 4. — ὅτι κἂν ἀγράφως δείκνυνται γενέσθαι μεταξὺ τελείων διαιρέσεις, ἰσχύει. ὁ δὲ νέος βλαβεὶς ἐμπροθέσμως ἀποκαθίσταται. (Bas. IV p. 280.)

Cod. III, 38, 3. — ὅτι καὶ οἱ τέλειοι κατὰ ἀπάτην ἢ δόλον ἢ προπετῶς ἄνευ δικαστηρίου διελόμενοι βοηθοῦνται. ἐν γὰρ τοῖς βόνα φίδε δικαστηρίοις καὶ τὸ ἀνίσως γενόμενον διορθοῦται. (Bas. IV p. 280.)

Cod. III, 38, 4. — ὅτι ὁ μὴ ὢν ἐπὶ πάσῃ τῇ οὐσίᾳ κοινωνὸς, ἐὰν ἐκ κοινῶν χρημάτων ἀγοράσῃ

τὶ οἰκείῳ ὀνόματι, τὸ ἀζήμιον ποιεῖ τοῖς κοινωνοῖς, οὐ μὴν τὸ πρᾶγμα κοινοποιεῖται. (Bas. I p. 782.)

Cod. III, 41, 4. — Ὁ λέγων παρὰ δούλου τὴν αὐτοῦ γαμετὴν ἁρπαγῆναι οὐ τοῦ δεσπότου, ἀλλ᾽ αὐτοῦ κατηγορεῖν ὀφείλει. (Nom. IX, 30.)

Cod. III, 42, 7. — ὅτι ὁ τὸ πρᾶγμα χεῖρον γενόμενον παριστῶν οὐ τῇ ἀδ ἐξνιβενδοὺμ, ἀλλὰ τῇ ἰμφακτοὺμ ἐνέχεται. (Bas. Suppl. p. 57.)

Cod. III, 42, 8. — ὅτι εἰ ἕτερος παρατίθεται πρᾶγμά μου, κινῶ κατὰ σοῦ ἀδ ἐξνιβενδοὺμ καὶ ἐν ῥέμ. εἰ δὲ συνεφώνησεν αὐτὸ δοθῆναί μοι, κληρονομῶν μὲν αὐτοῦ διρέκταν ἔχω δεποσιτι, μὴ κληρονομῶν δὲ οὐτιλίαν. (Bas. II p. 49).

Cod. III, 43, 1. — ὅτι ὁ ἡττηθεὶς εἰς κόττον οὐκ ἀπαιτεῖται, καὶ καταβαλὼν ἀναλαμβάνει μετὰ διαδόχων ἀπὸ τοῦ νικήσαντος καὶ τῶν κληρονόμων αὐτοῦ διηνεκῶς καὶ πέραν τριακονταετίας. εἰ δὲ μὴ θέλουσιν ἀναλαβεῖν, ὁ θέλων καὶ μάλιστα ὁ τῆς πόλεως ἐν ᾗ τοῦτο γέγονε πατὴρ ἢ ἔκδικος ἀπαιτεῖ, καὶ δαπανᾷ εἰς ἔργα τῆς πόλεως. καὶ ἡ γενομένη ἐπὶ κόττῳ ἀσφάλεια ἄκυρός ἐστι καὶ ἀποδίδοται. εἰ δὲ καί τις ἐν σχήματι κόττου ἡττηθῇ θερμίοις ἢ ἑτέρᾳ ὕλῃ, οὐκ ἀπαιτεῖται. τῶν ἐπισκόπων ἄδειαν ἐχόντων ταῦτα ζητεῖν, βοηθούντων αὐτοῖς τῶν ἀρχόντων καὶ πατέρων καὶ ἐκδίκων. μόνον δὲ παίζειν ἔξεστι μονόβολον καὶ κοντομονόβολον, καὶ κυντανὸν κόντακα χωρὶς τῆς πόρπης, καὶ περιχυτὴν καὶ ἱππικὴν ἄνευ τέχνης καὶ ἐπινοίας. καὶ οἱ μὲν σφόδρα πλούσιοι νομίσματος ἑνὸς ἑκάστην σύνθεσιν παίζουσιν, οἱ δὲ λοιποὶ πάνυ ἡττονος. τὸ δὲ πλέον ἀπαίτησιν οὐκ ἔχει, καὶ διδόμενον ἀποδίδοται. προνοοῦσι τούτων οἱ ἄρχοντες, δέκα λιτρῶν ποινῆς ἐπικειμένης τοῖς παραβαίνουσιν ἢ συγχωροῦσι παραβαίνεσθαι. (Nom. XIII, 29.)

Cod. III, 43, 2. — ὅτι οὔτε τοῖς καλουμένοις ξυλίνοις ἱππικοῖς οὔτε ἄλλῃ κυβείᾳ παίζειν ἔξεστι, πλὴν τῶν ἐπιτραπέντων ἐν τῇ προλαβούσῃ διατάξει. καὶ οἱ τύποι, καθ᾽ οὓς ἐν τοῖς τοιούτοις ἱππικοῖς παίζουσι, δημόσιοι γίνονται, καὶ τὰ διδόμενα ἀποδίδονται, ἢ μὴ βουλομένων ἀναλαβεῖν τῶν δεδωκότων ἀπαιτοῦνται διὰ τοῦ ἐπάρχου καὶ τῶν ἀρχόντων τῶν ἐπαρχιῶν καὶ προσκυροῦνται τοῖς ἔργοις τῶν πόλεων. (Nom. XIII, 29.)

Cod. IV, 1, 1. — ὅτι ἡ τμηθεῖσα ὑπόθεσις διʼ ὅρκου ἐξ ἐπαγωγῆς τοῦ ἀντιδίκου ἢ συναινέσεως τῶν μερῶν οὐκ ἀναψηλαφᾶται προσχήματι ἐπιορκίας, εἰ μὴ ῥητῶς ὁ νόμος τοῦτο ὑπεξεῖλε. τὸ αὐτὸ κἂν ὁ ὅρκος συνεχωρήθη. (Bas. II p. 558.)

Cod. IV, 1, 2. — ὅτι εἰ καὶ κατὰ τῆς σωτηρίας τοῦ βασιλέως κατὰ θερμότητά τις ὁμόσας ἐπιορκήσει, οὐ βασανίζεται οὔτε καθοσιώσει ὑπόκειται. (Nom. XIII, 18.)

Cod. IV, 1, 12, § 3. — ὅτι ἐὰν ἐξ ἐπαγωγῆς τοῦ λιτιγάτορος ὁμοθῇ, ἢ ὅτε ὁ ἐπαγαγὼν παραιτήσεται τὴν ἀντεπαγωγήν, οὐκ ἔχει χώραν ἡ ἔκκλητος. (Bas. II p. 558.)

Cod. IV, 1, 13. — ὅτι ἐὰν ὁ ληγάτον ἀπαιτῶν τῆς διαθήκης μὴ φαινομένης ἐξ ἐπαγωγῆς τοῦ κληρονόμου ὁμόσῃ κεχρεωστῆσθαι καὶ λάβῃ, μετὰ ταῦτα δὲ εὑρεθῇ μὴ κεχρεωστημένος, ἢ κεχρεωστημένος μὲν μὴ ὀφείλων δὲ τὸ πᾶν λαβεῖν διὰ τὸν φαλκίδιον, ἀναδώσειν. (Nom. XIII, 18.)

Cod. IV, 6, 4. — ὅτι ἐὰν λαβὼν παρά σου χρήματα ἀσφαλίσωμαι πλείονα λαβεῖν ἐφʼ ᾧ τυχεῖν

τῆς προστασίας καὶ μὴ τύχω, τὸν κονδικτίκιον ἔχω εἰς τὸ ἐλευθερωθῆναι τοῦ πλείονος τῶν δοθέντων μοι. (Bas. II p. 604.)

Cod. IV, 20, 9. — ὅτι εἷς μόνος οὐκ ἀκούεται κἂν μέγας εἴη ἀξιωματικος. (Nom. IX, 2.)

Cod. IV, 26, 1. — ὅτι ἐὰν γνώμῃ τοῦ πατρὸς ὁ ὑπεξούσιος χειροτονηθῇ βουλευτὴς καὶ παρὰ τῶν στρατηγῶν ἐπίτροπος δοθῇ, εἰς ὁλόκληρον ὁ πατὴρ ἐνάγεται. ἔοικε γὰρ τοῦτο τοῖς ἄλλοις πολιτικοῖς βάρεσι. (Bas. III p. 742.)

Cod. IV, 27, 2. — ὅτι ἐάν τις ὀνόματί μου δανείσῃ καὶ ἴσως λάβῃ ὑποθήκην ἢ ἐνέχυρον, προσπορίζεταί μοι καὶ χωρὶς ἐκχωρήσεως ὁ δανειακὸς ἢ ἡ σερβιανή. (Bas. III p. 59.)

Cod. IV, 30, 2. — ὅτι ἐὰν ὁ δανεισάμενος δείξῃ πλείονος ποσοῦ τῶν αὐτῷ δοθέντων πεποιηκέναι γραμματεῖον, μόνα τὰ δοθέντα μετὰ τῶν ἐπερωτηθέντων τόκων ἀπαιτεῖται. (Bas. II p. 604.)

Cod. IV, 30, 9. — ὅτι τῇ δὲ πλέον τῶν δοθέντων οὐδεὶς ἐνάγεται. ὁ δὲ περὶ πλειόνων ὁμολογήσας ἔχει παραγραφὴν ἐμπροθέσμως ἐναγόμενος, καὶ μετὰ ταῦτα ἐὰν ἐμπροθέσμως διεμαρτύρατο. (Bas. II p. 604.)

Cod. IV, 32, 3. — εἰ (scil. οἱ ἐκ συμφώνου τόκοι) καταβληθῶσιν, οὐ ἐπετιτεύονται οὔτε εἰς κεφάλαιον λογίζονται. (Bas. II p. 687.)

Cod. IV, 32, 7. — ὅτι ὁ κρεδίτωρ οἰκείοις ἐνστρουμέντοις δεικνύτω τὸν τόκον ἐπερωτηθῆναι. οἱ γὰρ ἐκ συμφώνου καταβληθέντες ἐπί τινα χρόνον οὐ συνιστῶσιν ἐνοχήν. (Bas. II p. 687.)

Cod. IV, 34, 7. — ὅτι ὁ δεποσιτάριος οἰκείῳ ὀνόματι ἑτέρῳ παραθέμενος ἀναγκάζεται αὐτῷ (αὐτό? αὐτός?) δοῦναι. (Bas. II p. 48.)

Cod. IV, 44, 2. — ἐν τῷ ἀγοραστῇ ἐστιν ἢ τὸ λεῖπον παρασχεῖν τοῦ τιμήματος ἢ τὸ πρᾶγμα ἀποδοῦναι καὶ ἀναλαβεῖν τὸ τίμημα. (Bas. III p. 359.)

Cod. IV, 44, 11. — ὅτι ὁ πράτης οὐ καλῶς λέγει περιγεγράφθαι διὰ τὸ συναινέσαι πλεῖον τίμημα τοῦ συμφωνηθέντος γραφῆναι τῷ ὠνεακῷ. λαμβάνει δὲ τὸ συναρέσαν, εἰ μὴ κατεβλήθη μήτε ἐκομπενσατεύθη. (Bas. II p. 604.)

Cod. IV, 47, 1. — ὅτι οὔτε εἰ ἐπερωτηθῇ γυνὴ διδόναι τὰ τέλη τοῦ προικιμαίου ἀγροῦ, ἐνέχεται, οὔτε εἰ ἦν διατετιμημένος χώρα τῇ ἐξ βένδιτο ἀγωγῇ διὰ τὰ περὶ τῆς τοιαύτης καταβολῆς δημοσίων συμφωνούμενα. (Bas. III p. 475.)

Cod. IV, 51, 7. — ὁσάκις ἀπὸ νόμου ἢ συμφώνου ἢ διαθήκης κωλυθῇ πρᾶγμα ἐκποιηθῆναι, οὔτε ὁ οὐσούφρουκτος αὐτοῦ ἐκποιεῖται οὔτε ὑποτίθεται οὔτε ἐνεχυράζεται ἢ ἐμφυτεύεται ἢ δουλεία αὐτῷ ἐπιτίθεται, εἰ μὴ ὁ νόμος ὁ κωλύσας ἐπιτρέψει τινὰ τούτων γενέσθαι. (Bas. III p. 750.)

Cod. V, 1, 5. — Ἐὰν ἡ μνηστὴ παραιτῆται τὸν γάμον διὰ τὸ τῆς πίστεως διάφορον, εἰ μὲν προήδει τὴν αἰτίαν ἡ γυνὴ ἢ οἱ γονεῖς αὐτῆς, ὑπόκεινται· εἰ δὲ ἠγνόουν, ἢ καὶ μετὰ τὸ λαβεῖν τοὺς ἀρραβῶνας ἡ αἰτία συνέβη, τὸ ἁπλοῦν ἀναδίδοται· τὸ αὐτὸ φησι καὶ ἐπὶ μνηστῆρος. (Nom. XII, 13.)

Cod. V, 4, 1. — ὅτι ἐὰν μὴ συμφωνοῦσιν οἱ τῆς κόρης ἐπίτροποι καὶ ἡ μήτηρ καὶ οἱ συγγενεῖς αὐτῆς περὶ τοῦ μέλλοντος γάμου, ὁ ἄρχων διακρίνει. (Bas. III p. 168.)

Cod. V, 4, 21. — Ἄνευ τῆς οἱασοῦν τῶν γάμων συνηθείας πάντες οἱ στρατιῶται γαμοῦσιν, εὐγενεῖς μέντοι γυναῖκας. (Bas. III p. 172. 206).

Cod. V, 9, 1. — γαμοῦσα πρὸ συμπληρώσεως ἐνιαυτοῦ μετὰ θάνατον τοῦ ἀνδρὸς ἀτιμοῦται, καὶ οὐ δύναται πλέον τοῦ τρίτου τῆς οὐσίας αὐτῆς διδόναι τῷ δευτέρῳ ἀνδρὶ ἢ ἐν διαθήκῃ καταλιπεῖν· καὶ αὐτὴ δὲ οὐδὲν ἕξει ἀπὸ κληρονομίας ἢ ληγάτου ἢ μόρτις καῦσα δωρεᾶς, ἀλλὰ ταῦτα λαμβάνουσιν οἱ κληρονόμοι τοῦ καταλιπόντος. καὶ εἴτι κατέλιπεν αὐτῇ ὁ πρῶτος ἀνήρ, λαμβάνουσι κατὰ βαθμὸν τὰ δέκα πρόσωπα, ἀνιόντες καὶ κατιόντες καὶ ἐκ πλαγίου μέχρι β' βαθμοῦ. ἐξ ἀδιαθέτου δὲ κληρονομεῖ τῶν συγγενῶν αὐτῆς μέχρι τρίτου βαθμοῦ μόνου.... μηδενὸς δὲ τῶν δέκα προσώπων εὑρισκομένου χώρα τῷ φίσκῳ. (Nom. XIII, 2.)

Cod. V, 9, 2. — καὶ πάσης ἀξίας στερεῖται καὶ τῶν ἀπὸ τοῦ πρώτου ἀνδρὸς εἰς αὐτὴν ἐλθόντων προφάσει μνήστρων ἢ κατὰ βούλησιν τοῦ τελευτήσαντος. (Nom. XIII, 2.)

Cod. V, 11, 4. — ὅτι ἐὰν πλείονα τῶν δοθέντων γνώμῃ τοῦ προικίζοντος γραφῇ τῷ προικῴῳ, δοκεῖ συμφωνεῖν καὶ τὰ λείποντα διδόναι. (Bas. II p. 604.)

Cod. V, 12, 3. — καὶ χωρὶς συναινέσεως αὐτῆς (scil. τῆς γυναικός) δύναται τοὺς προικιμαίους δούλους ἐλευθεροῦν. (Bas. III p. 266.)

Cod. V, 12, 4. — δύναται πᾶσαν τὴν οἰκείαν οὐσίαν ἐν προικὶ δοῦναι. (Bas. III p. 413.)

Cod. V, 12, 31. — ὁ προῖκα ὁμολογήσας καὶ μὴ δοὺς αὐτὴν ἀπαιτεῖται μετὰ διετίαν τρίτον ἑκατοστῆς. (Bas. II p. 688. III p. 407.)

Cod. V, 13, § 2. — bonae fidei ἐστὶν ἡ περὶ τῆς προικὸς ἐξ στιπουλάτου (Bas. III p. 268.)

Cod. ibid. § 7. — μετὰ λύσιν τοῦ γάμου τὰ μὲν ἀκίνητα παραχρῆμα ἀποκαθίστανται, τὰ δὲ κινητὰ καὶ ἀσώματα ἐντὸς ἐνιαυτοῦ. (Bas. III p. 266. Etwas anders und vollständiger p. 379.)

Cod. ib. § 13. — ἐξωτικὸς τουτέστι πᾶς παρὰ τὸν πατέρα ἐπιδιδοὺς ὑπὲρ γυναικὸς προῖκα καὶ μὴ εἰς ἑαυτὸν ἐπερωτῶν τὴν ἀνάδοσιν δωρεῖσθαι δοκεῖ τῇ γυναικί, καὶ αὐτὴ ἔχει τὴν ἐπανάληψιν. (Bas. III p. 379.)

Cod. V, 15, 2. — ὅτι ἐὰν κατὰ δωρεὰν συνεστῶτος τοῦ γάμου προσγράψω τῇ γαμετῇ μου προῖκα καὶ περιὼν μὴ ἀνακαλέσωμαι αὐτὴν, ἀπαιτεῖ τοὺς κληρονόμους μου. (Bas. II p. 604).

Cod. V, 17, 8. — Εὐλόγως ὁ ἀνὴρ εὑρίσκων τὴν ἑαυτοῦ γαμετὴν φαρμακὸν βεπουδίῳ λύει τὸν γάμον, καὶ ἐκ τοῦ ἐναντίου ἡ γυνὴ τοῦ ἀνδρὸς ὄντος φαρμακοῦ. (Nom. IX, 25.)

Cod. V, 17, 11, § 2. — ὅτι ἀργεῖ τὰ τοῖς πρὸ αὐτῆς νόμοις περὶ κακοτροπίας εἰρημένα. (Bas. III p. 254.)[1].

Cod. V, 20, 1, 2. — Ὅτι οὐδεὶς ὑποδεχόμενος προῖκα ἀπαιτεῖται ἐγγυητὴν ἢ μανδάτορα, καὶ εἴτε νόμος εἴτε συνήθεια βούλεται τὸν ἄνδρα διδόναι τῇ γυναικὶ ἐγγυητὴν διὰ τὴν προῖκα ἀνήρηται. (Bas. III p. 390.)

Cod. V, 52, 2. — ὅτι οἱ ἐν τῇ αὐτῇ ἐπερχίᾳ κηδεμόνες εἰ μὲν κοινῶς διῴκησαν ἢ καθ' ἑαυτοὺς διείλοντο τὴν διοίκησιν, ἐξ οὗ βούλεται ὁ κηδεμονευόμενος πληροῦται, ἐκχωρῶν αὐτῷ τὰς κατὰ τῶν ἄλλων ἀγωγάς. (Bas. III p. 714.)

---

1) Die Stelle Cod. V, 18, 1 in Bas. III p. 363 ist dem Enantiophanes aus des Theodorus Breviarium Codicis erst später hinzugefügt.

Cod. V, 53, 1. 2. — ὅτι ἐὰν μὴ κατὰ δόλον ἡ κοῦλπαν ἡ κακουργίαν οὐκ ἀποδίδωσιν ὁ κληρονόμος τοῦ ἐπιτρόπου τὰ δικαιώματα, οὐκ ἐστι χώρα τῷ ἐνλίτεμ, ἀλλὰ τὸ ἀληθὲς σκοπεῖται· ἔνθα δὲ ἀπὸ δόλου χώραν ἔχει ὁ ὅρκος, ἄκων αὐτὸν ἐνάγων οὐκ ἀποτελεῖ. (Bas. III p. 738.)

Cod. V, 58, 1. — ὅτι καταβαλὼν ὑπὲρ τοῦ συνεπιτρόπου ἐνάγειν οὐ δύναται εἰς τὸ ἐκχωρηθῆναι τὰς ἀγωγὰς κατὰ τοῦ ἤδη διὰ τῆς καταβολῆς ἐλευθερωθέντος· εἰ μέντοι τὸ χρέος ἠγόρασεν καὶ γέγονεν ἐν ῥεμ σούαμ προκουράτωρ, κινεῖ τὴν ἰουδικάτην. (Bas. III p. 714.)

Cod. V, 62, 4. 17. — θέλει πάντως παραιτεῖσθαι τὸν προβληθέντα κουράτωρα τῇ ἰδίᾳ νόμφῃ ἢ γαμετῇ ἵνα μὴ ἀτιμωθῇ. (Bas. III p. 679.)

Cod. V, 70, 4. — ὅτι ἐὰν γυνὴ μαίνηται αὐτεξουσία οὖσα, μόνος ὁ ἀνὴρ δύναται πέμπειν ῥεπούδιον. (Nom. XIII, 30.)

Cod. V, 71, 3. — ὅτι ὁ πατὴρ κουράτωρ τοῦ ἐμαγκιπάτου ἀνισχύρως χωρὶς ψήφου πιπράσκει ἀκίνητον κτηθὲν αὐτῷ μετὰ τὴν ἐμαγκιπατίονα καὶ μάλιστα ἐὰν ὡς ἴδιον αὐτὸ πωλήσῃ. (Bas. III p. 570.)

Cod. V, 71, 16. — τὸ δέκρετον ὀφείλει γίνεσθαι παρὰ τοῦ ἄρχοντος τῆς ἐπαρχίας ἐν ᾗ διάκειται τὸ ἀκίνητον. (Bas. III p. 752.)

Cod. V, 73, 1. — ὅτι ὁ κληρονόμος τοῦ ἐπιτρόπου εἰ μὲν γινώσκοντι τῷ ἀγοραστῇ πρᾶγμα τοῦ νέου πωλήσῃ ὡς ὂν τοῦ νέου, οὐδὲν πράττει, εἰ δὲ ὡς ἴδιον αὐτὸ πωλήσει τῷ ἀγνοοῦντι, παραχρῆμα μὲν αὐτὸν οὐ ποιεῖ δεσπότην, ἔχει δὲ ὁ νεμηθεὶς τὴν τοῦ μακροῦ χρόνου παραγραφὴν τελείου τοῦ δεσπότου γενομένου. (Bas. III p. 750.)

Cod. V, 75, 3. — ὅτε ἐνάγεται ὁ στρατηγὸς ὁ δεδωκὼς ἄπορον ἐπίτροπον, αὐτὸς ἀναγκάζεται δεῖξαι, ὅτι εὐπόρους δέδωκε τοὺς ἐγγυητάς. (Bas. II p. 468.)

Cod. VI, 2, 3. — ὅτι ὁ κλέπτων τὸ μήπω τῷ θεῷ καθιερωθὲν ὡς κλέπτης ἐνάγεται. (Nom. II, 2.)

Cod VI, 2, 18. — Ὁ ἀπὸ ἐμπρησμοῦ ἢ ναυαγίου λαμβάνων ἔξωθεν τοῦ πράγματος δίδωσιν εἴσω μὲν οὐτιλίου ἐνιαυτοῦ τὸ τετραπλοῦν τῷ κλαπέντι, καὶ τῷ φίσκῳ τὸ τετραπλοῦν· μετὰ δὲ τὸν ἐνιαυτὸν τὸ ἁπλοῦν. (Nom. IX, 27.)

Cod. VI, 4, 4 § 3. — ὅτι ἡ τῷ δεσπότῃ μέχρι τελευτῆς αὐτοῦ παλλακευθεῖσα μὴ ἔχοντι γαμετὴν νόμιμον ἁρπάζεται μετὰ τῶν παίδων αὐτῆς εἰς εὐγένειαν, καὶ λαμβάνει τὸ πεκούλιον ὅπερ εἶχεν ἐν τῷ τελευτᾶν τὸν δεσπότην πρὸς τὸ νόμιμον μέτρον. καὶ οὐκ ἔχουσι κατ' αὐτῆς πατρωνικὸν δίκαιον οἱ παῖδες ἢ οἱ κληρονόμοι ἢ οἱ συγγενεῖς τοῦ τελευτήσαντος. (Nom. XIII, 5.)

Cod. ibid. § 26. — ὅτι εἰσί τινες κατά τινα νόμον πάτρωνες νομισθέντες καίτοι μὴ ἐλευθερώσαντες, οἵτινες οὐκ εἰσι κυρίως πάτρωνες εἰ καὶ reverentiam κεχρεώστηνται. (Bas. III p. 175.)

Cod. VI, 23, 5. — εἴ τις ὡς υἱὸν τὸν μὴ υἱὸν ἐνστήσεται ὃν οὐκ ἂν ἔγραψε κληρονόμον γινώσκων τὸ ἀληθὲς, καὶ εὑρεθῇ μὴ ὢν υἱός, οὐ γίνεται κληρονόμος. (Bas. IV p. 75.)

Cod. VI, 29, 2. — κἂν παραχρῆμα τελευτήσῃ (scil. ὁ κυοφορούμενος) μὴ φθεγξάμενος ἢ ἐν ταῖς χερσὶ τῆς μαίας, ῥήγνυται ἡ διαθήκη καὶ οὐκέτι βοηθεῖται. (Bas. IV p. 48.)

Cod. VI, 42, 1. — ὅτι ἐὰν ὁ κληρονόμος ἀποδειχθῇ παρασχὼν ἐπὶ πολὺν χρόνον τὸ ἄννουον ἢ μένστρουον ἀλίμεντον ἢ βεστιάριον, ἀναγκάζεται καὶ τὰ μὴ καταβληθέντα δοῦναι ἐν τῷ μετὰ τοῦτα χρόνῳ. πολὺς δὲ χρόνος τουτέστιν ἡ τριετία. (Bas. II p. 687.)

Cod. VI, 48, 1. — ὅτι ἐῤῥῶται τὸ καταλιμπανόμενον θεμιτῷ συστήματι ἢ σωματείῳ οἷον συγ-

κλητικοῖς ἢ βουλῇ ἢ τάξει ἄρχοντος ἢ ἰατροῖς ἢ διδασκάλοις ἢ συνηγόροις ἢ στρατιώταις ἢ ὁμοτέχνοις ἢ ἱερεῦσιν ἢ ἑτέρῳ τινί. καὶ μερίζονται κατὰ πρόσωπον ἐξ ἴσου οἱ ἐν τῷ καιρῷ τῆς τελευτῆς ἐν τῷ καταλόγῳ εὑρισκόμενοι, εἰ μὴ ῥητὸν ποσὸν ὁ διαθέμενος ἑκάστῳ ὁρίσῃ. . . . ὅτι ἐὰν προσάπαξ ἢ ἐτήσιον καταλειφθῇ εὐσεβῶς ἢ ἐκκλησίαις ἢ ξενῶσι ἢ πτωχείοις ἢ εὐαγέσιν οἴκοις ἢ κοινῷ κληρικῶ[ν] ἢ εἰς αἰχμαλώτων ῥύσιν ἢ αὐτοῖς τοῖς πτωχοῖς ἢ τοῖς αἰχμαλώτοις, κρατεῖ ἡ τοῦ τελευτήσαντος βούλησις. (Nom. II, 1.)

Cod. VI, 55, 11. — ὅτι ὁ λεγιτίμως τοῦ ἀδελφοῦ κληρονομῶν οὐκ ἀποκλείεται ταῖς ρ' ἡμέραις. (Bas. IV p. 514.)

Cod. VI, 57, 5. — Ἡ ἰλλουστρία νομίμους ἔχουσα παῖδας καὶ πορνογενεῖς οὐδὲν δύναται παρασχεῖν τοῖς πορνογενέσιν οὔτε ζῶσα οὔτε τελευτῶσα. (Nom. XIII, 5.)

Cod. VI, 57, 5. — ὅτι ἡ ἐλευθέρα νομίμως ἐλευθέρῳ παλλακευθεῖσα τοὺς ἐκ τῆς τοιαύτης συναφείας τεχθέντας ἕξει κληρονόμους μετὰ τῶν νομίμων παίδων. (Nom. XIII, 5.)

Cod. VI, 61, 5. — ὅτι εἰ καὶ πολλάκις προσηγορίᾳ τοῦ ἀνδρὸς καὶ τῆς γαμετῆς δηλοῦνται οἱ μνηστευθέντες, ὅμως κυρίως ἀνὴρ μετὰ τὸν γόμον καὶ γαμετὴ λέγονται. (Bas. II p. 393. III p. 488.)

Cod. VII, 4, 3. — ὅτι ἡ ὑπὸ αἵρεσιν ἐλευθερωθεῖσα δοῦλα ἐν τῷ μεταξὺ τίκτει, μετὰ δὲ μόραν εὐγενῆ. (Bas. IV p. 476.)

Cod. VII, 4, 4. — ὅτι ἡ κεχρεωστημένη φιδεικομμισσαρίαν ἐλευθερίαν, ἐὰν γνώμῃ τοῦ δεσπότου ἐν ἐλευθερίᾳ διάγῃ, ἐλευθεροῦται καὶ ἐλεύθερα τίκτει. ἡ δὲ μὴ αἰτήσασα ἐλευθερωθῆναι ἑαυτῇ μεμφέσθω· δοῦλα γὰρ ἐν τῷ μεταξὺ τίκτει. (Bas. IV p. 476.)

Cod. VII, 4, 12. — τὸ εἰπεῖν ἐν διαθήκῃ ἢ κωδικέλλοις παρατίθημι οὐ ποιεῖ ἐλεύθερον. (Bas. II p. 96.)

Cod. VII, 13, 3. — Ἐὰν δοῦλος καταμηνύσῃ ἁρπαγὴν παρθένου λαθοῦσαν πάκτῳ ἢ ἀποπροσποιήσει ἐλευθεροῦται. (Nom. IX, 30.)

Cod. VII, 15, 3. — ὅτι ὁ δούλην παλλακὴν μέχρι τελευτῆς ἐσχηκὼς δύναται περιὼν ὅπερ ἐθέλει ποιεῖν ἐπ' αὐτῇ καὶ τοῖς ὡς εἰκὸς ἐξ αὐτῆς τεχθεῖσι, καὶ ἐν τελευταίᾳ βουλήσει καταλιμπάνειν ἄλλῳ ἢ ῥητῶς τῷ κληρονόμῳ· εἰ δὲ τελευτήσει μηδὲν εἰπών, ἀναρπάζονται εἰς ἐλευθερίαν καὶ οἱ ὡς εἰκὸς τεχθέντες. ταῦτα ἐν ᾧ μὴ ἔσχεν ὁ τελευτήσας νόμιμον γαμετήν· ὁ γὰρ γεγαμημένος οὔτε ἐλευθέραν οὔτε δούλην δύναται παλλακεύεσθαι. (Nom. XIII, 5.)

Cod. VII, 18, 2. — ὅτι τοῖς οὖσι τῆς φαμιλίας τῶν λῃστῶν καὶ ἐκ βασιλικῆς φιλοτιμίας ἢ αὐθεντίας τοῦ φίσκου γινομένοις δούλοις ἀναιρεῖται ἡ ἐλευθερία. (Nom. XIII, 23.)

Cod. VII, 32, 10. — διπλῆ ἐστιν ἡ νομή, νόμιμός τε καὶ σωματική. (Bas. II p. 715.)

Cod. VII, 39, 7. — πᾶσαν ἐνοχὴν ἔχουσαν ἐνιαυτοῦ ἢ μηνὸς ἢ ἑτέρου χρόνου μνήμην μὴ ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τοῦ χρόνου ἐν ᾧ γέγονε σκοπεῖσθαι, ἀλλ' ἀπὸ τοῦ χρόνου οὗτινος ἡ μνήμη γέγονεν. (Bas. IV p. 609.)

Cod. VII, 50, 1 — ὅτι οὔτε τὴν ἰδίαν ψῆφον οὔτε τὴν τοῦ διαδεχθέντος δύναταί τις ἀνατρέψαι. (Nom. IX, 39.)

Cod. VII, 65, 2. — Ὁ ἐπὶ γοητείᾳ καταδικασθείς, εἰ μὲν ἀπὸ τεκμηρίων καὶ μαρτύρων καὶ

ἰδίας ἐλεγχθῇ καταθέσεως, οὐ δύναται ἐκκαλεῖσθαι· εἰ δὲ ἀπὸ μαρτύρων καὶ δικαιωμάτων καὶ ἄλλων τεκμηρίων, οὐ μὴν καὶ ἐξ οἰκείας καταθέσιως, ἢ [εἰ] φόβῳ τῶν βασάνων πατέθετο, δύναται ἐκκαλεῖσθαι. (Nom. IX, 25.)

Cod. VIII, 14, 16. — εἴ τις τὰ χρήματά μου σοῦο νόμινε δανείσας λάβῃ ἐνέχυρον, οὐ προσπορίζει μοι τὴν ὑποθηκαρίαν. (Bas. III p. 59.)

Cod. VIII, 27, 1. — ἐν νομῇ ὢν ὁ δανειστὴς τῆς ὑποθήκης οὐκ ἀποδίδωσιν αὐτὴν τῷ χρεώστῃ ἕως οὗ πληρωθῇ τὸ ἀνυποθηκάριον χρέος. (Bas. III p. 58.)

Cod. VIII, 38, 2. — ὅτι ἀνισχύρως τὶς πακτεύει μὴ ἐξεῖναι αὐτῷ λῦσαι τὸν γάμον, καὶ οὐκ ἔρρωται ἡ ἐπὶ τούτῳ ἐπερωτηθεῖσα ποινή. (Nom. XIII, 4.)

Cod. VIII, 42, 9. — προστίθησιν ὅτι ἐὰν τὸ πᾶν χρέος καὶ ἔνθα χρεωστεῖ προσήγαγεν. (Bas. II p. 676 sq.)

Cod. VIII, 47, 5. — ὅτι τάξιν ὁ τοιοῦτος ἔχει φυσικοῦ καὶ νομίμου. (Bas. IV p. 28.)

Cod. VIII, 53, 3. — ὅτι καλῶς τις δωρεῖται ἀγωγὴν καὶ ὁ τυχὼν τῆς δωρεᾶς γυμνάζει αὐτήν. (Bas. III p. 21.)

Cod. VIII, 54, 3. — ὅτι ἐὰν δωρήσωμαί τινι πρᾶγμα ἐφ' ᾧ μετὰ χρόνον δοῦναί σοι αὐτό, καὶ μὴ ἐπερωτήσας ἔχεις οὐτιλίαν καὶ μετὰ θάνατόν σου ὁ κληρονόμος σου. (Bas. IV p. 565.)

Cod. IX, 7, 1. — ὅτι ὁ τὸν βασιλέα ὑβρίζων οὐ τιμωρεῖται οὔτε τὶ σκληρὸν ἢ τραχὺ ὑπομένει. ἢ γὰρ ἀπὸ κουφότητος εἶπε καὶ περιφρονεῖται, ἢ ἐξ ἀνοίας καὶ ἐλεεῖται, ἢ ὡς ἀδικούμενος καὶ συγχωρεῖται. ἀναφέρεται δὲ τῷ βασιλεῖ, καὶ αὐτὸς ἐκ τῆς ποιότητος τοῦ προσώπου κρίνει, εἰ ὀφείλει συγχωρηθῆναι ἢ τιμωρηθῆναι. (Nom. IX, 36.)

Cod. IX, 8, 2. — ὅτι ὁ διὰ παντὸς ὀργίζεσθαι τῷ οἰκείῳ δούλῳ ὁμόσας οὐχ ὑπόκειται καθοσιώσει παυσάμενος τῆς ὀργῆς. (Nom. XIII, 18.)

Cod. IX, 9, 2. — πορνοβοσκὸς δὲ ἐστὶ καὶ ὁ πορνευθεῖσαν τὴν ἰδίαν γαμετὴν μὴ ἀπολύσας, οὐ μὴν ὁ μόνον ὑποπτεύσας. (Nom. XIII, 21.)

— ὅτι προαγωγός ἐστιν ὁ τὴν ἑαυτοῦ γαμετὴν μοιχευθεῖσαν μὴ ἀπολύσας, οὐ μὴν ὁ ψιλῶς ὑποπτεύσας. (Nom. I, 32.)

Cod. IX, 9, 7. — Ὁ ἀνὴρ οὐ δύναται κινεῖν ὡς ἀνὴρ περὶ τῆς πρὸ τοῦ γάμου βιαίας τῆς παρθένου φθορᾶς, εἰ μὴ ἦν αὐτοῦ μνηστή· αὐτὴ δὲ κινεῖ συνόντων τῶν κουρατόρων. (Nom. IX, 30.)

Cod. IX, 10, 1. — Ἐάν τις φθείρῃ τὴν παρ' αὐτοῦ ἐπιτροπευθεῖσαν, δεπορτατεύεται καὶ εἰς ὁλόκληρον δημεύεται. (Nom. IX, 30.)

Cod. IX, 12, 3. — Ἐὰν ἁρπαγῇ ἡ μνηστὴ τοῦ υἱοῦ μου κινῷ τὸν περὶ βίας νόμον. (Nom. IX, 30.)

Cod. IX, 13, 1. — Ἐάν τις ἁρπάσῃ οἱανδήτινα γυναῖκα δούλην ἢ ἐλευθέραν, κἂν ἦν αὐτῷ μεμνηστευμένη, κεφαλικῶς καταδικαζόμενος ἀποθνήσκει, καὶ οἱ ἐν τῇ ἁρπαγῇ βοηθήσαντες αὐτῷ. καὶ τοῖς πατράσι τῶν ἁρπαγεισῶν ἔξεστι, καὶ τοῖς ἀδελφοῖς καὶ τοῖς κηδεμόσι καὶ πάτρωσι καὶ δεσπόταις, ἐν τῷ καιρῷ τῆς ἐφόδου τούτους φονεύειν. εἰ δὲ διαφύγωσιν, ἀναζητοῦσιν αὐτοὺς ἐν μὲν Βυζαντίῳ οἱ ὕπαρχοι καὶ ὁ ἔπαρχος, ἐν δὲ ταῖς ἐπαρχίαις πάντες οἱ ἄρχοντες καὶ στρατηλάται καὶ δοῦκες, καὶ μετὰ σύστασιν ἀναιροῦσι, μὴ δυναμένους χρήσασθαι φόρου παραγραφῇ ἢ ἐκκλήτῳ. καὶ εἰ μὲν δούλη ἢ ἀπελευθέρα ἡρπάγη, ἀναιροῦνται οἱ

ἅρπαγες, οὐ μὴν καὶ μείωσιν τῆς οὐσίας ὑφίστανται· εἰ δὲ εὐγενὴς ἡρπάγη, πάντα τὰ πράγματα τοῦ ἁρπάσαντος καὶ τῶν βοηθησάντων αὐτῷ προσκυροῦνται τῇ ἁρπαγείσῃ. οὔτε δὲ συναινοῦντος τοῦ πατρὸς δύναται γαμεῖσθαι τῷ ἁρπάσαντι αὐτὴν. τὴν αὐτὴν δὲ ποινὴν τοῦ θανάτου καὶ τῶν πραγμάτων ὑφίστανται οἱ πρὸς τὴν ἔφοδον αὐτῷ ἀκολουθήσαντες· οἱ δὲ συνίστορες καὶ ὑπουργοὶ καὶ ὑποδοχεῖς καὶ οἱ ὁπωσοῦν αὐτοῖς συσπουδάσαντες οἵας ἂν εἶεν φύσεως καὶ τύχης ἢ βαθμοῦ ἢ ἀξίας, μόνην τὴν κεφαλικὴν ὑφίστανται τιμωρίαν, εἰ καὶ ἑκοῦσα ἡ γυνὴ ἡρπάγη. εἰ δὲ οἱ γονεῖς τῆς ἁρπαγείσης ἀνάσχωνται καὶ παραχωρήσωσι, δεπορτατεύονται· οἱ δὲ ὑπουργήσαντες δοῦλοι καὶ δοῦλαι καίονται. καὶ ἀργεῖ πάντα τὰ περὶ ἁρπαγῆς γυναικῶν ἀλλαχοῦ νενομοθετημένα, τῆς παρούσης διατάξεως ἀρκούσης ἐπὶ αὐτῶν καὶ ἱερῶν (ἱερωμένων?) καὶ χηρῶν. (Nom. IX, 30.)

Cod. IX, 18, 1. — Μεῖζόν ἐστι τὸ φαρμάκῳ ἢ ξίφει φονεῦσαι. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 2. — Τὴν γεωμετρίαν χρησιμόν ἐστιν εἰδέναι, ἡ δὲ μαθηματικὴ ἀπηγόρευται καὶ κατακρίνεται. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 3. — Μηδεὶς οἰωνοσκόπος ἢ ἱερεὺς ἢ τῶν ὑπουργούντων τοιαύτη θρησκεία εἰσίτω πρός τινα ἐφ' οἱαδήποτε αἰτίᾳ, κἂν αὐτοῦ φίλος ᾖ, ἐπεὶ καὶ αὐτὸς καίεται καὶ ὁ προτρεψάμενος αὐτὸν δεπορτατεύεται ὁημευόμενος· καὶ ὁ βουλόμενος κατηγορεῖ. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 4. — Οἱ διὰ μαγείας τῇ σωτηρίᾳ τῶν ἀνθρώπων ἢ τῇ σωφροσύνῃ ἐπιβουλεύοντες τιμωροῦνται, οὐ μὴν οἱ πρὸς θεραπείαν τῶν σωμάτων ἢ τὴν εὐετηρίαν τῶν καρπῶν ποιοῦντες οἷον βροχὴν ἢ χάλαζαν ἐπέχοντες. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 5. — Μηδεὶς ἐρωτάτω μάντιν ἢ θύτην ἢ οἰωνοσκόπον, μήτε χρηματιζέτω χαλδαῖος ἢ μαθηματικὸς ἢ τις παραπλήσιος. ὁ δὲ παρὰ ταῦτα ποιῶν ἀποτέμνεται. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 6. — Οἱ τὰ στοιχεῖα ταράσσοντες ἢ τοὺς ἐχθροὺς αὐτῶν διὰ δαιμόνων φονεύοντες θηρίοις ἀναιροῦνται. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 7. — Πανταχοῦ μὲν τὰ ἁμαρτήματα μυσαρά ἐστιν, ἐν δὲ τῇ βασιλευούσῃ οἱ εὑρισκόμενοι γόητες ἢ μάντεις ἢ ἐν ἀφηγήσει ὀνείρων μαντευόμενοι ἢ οἰωνοσκόποι βασανίζονται καὶ ξέονται ἀρνούμενοι καὶ τοῖς ἐλέγχουσιν ἀνθιστάμενοι, προνόμια ἔχειν μὴ δυνάμενοι. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 8. — Ἴσον ἐστὶ τὰ ἀπηγορευμένα μαθεῖν καὶ διδάσκειν. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 18, 9. — Ὁ εἰδὼς γόητά τινα καὶ κατασχὼν αὐτὸν ἐπὶ γοητείᾳ παραδιδοτω. εἰ δὲ ἡνίοχος ἢ τις ἕτερος παρὰ ταῦτα ποιήσει ἢ λαθραίως αὐτὸν τιμωρήσεται, ἐσχάτως τιμωρεῖται. ὑπολαμβάνεται γὰρ ταῦτα πράξαι ὡς εἰς ἐχθρὸν ἢ ἵνα ἐκεῖνος μὴ δημοσιεύσῃ τοὺς συνίστορας. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 19. — ἐν ᾧ καὶ τὰς χρηματικὰς αὔξει ποινὰς ποτὲ μὲν στέρησιν κτήματος ἢ ἀγροῦ ἢ οἴκου ἐπάγων, ἐὰν εἰς αὐτοὺς ὕλη ἀπενεχθῇ ἀπὸ μνημείου, ποτὲ δὲ δέκα λιτρῶν ποινὴν ἐπάγων καὶ εἴκοσι τῷ ἄρχοντι μὴ ἐπεξιόντι. (Nom. IX, 27.)

Cod. IX, 32, 4. — ὅτι κοινωνοῦσιν ἀλλήλοις θείου τε καὶ ἀνθρωπίνου δικαίου. (Bas. III p. 166.) — διαλαμβάνει περὶ τῆς δόλῳ παυσαμένης νέμεσθαι καὶ τῶν καρπῶν τοῦ κλαπέντος. (Bas. III p. 302.)

Cod. IX, 36, 1. — Κεφαλικὴ τιμωρία ὥρισται κατὰ τῶν ποιούντων φάμουσα καὶ τῶν ἀναγινωσκόντων αὐτὰ καὶ τὴν δύναμιν αὐτῶν λεγόντων τισίν. (Nom. IX, 36.)

Cod. IX, 41, 3. — Πρῶτοι βασανίζονται οἱ ἀλλότριοι δοῦλοι, καὶ ὅτε δόξουσι λέγειν πιθανὰ περὶ τοῦ ἐγκλήματος, τότε καὶ ὁ λεγόμενος φαρμάξαι βασανίζεται. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 41, 6.) — ὅτι ὁ δοῦλός μου καὶ ὁ ἀπελεύθερος ἢ τῆς μητρός μου οὐ πιστεύεται κατ' ἐμοῦ ἢ ὑπὲρ ἐμοῦ λέγων οὔτε ἐν τοῖς χρήμασιν οὔτε ἐν τοῖς ἐγκλήμασιν. (Bas. II p. 392.)

Cod. IX, 44, 2. — ἔνθα πρόσωπον εὐτελὲς ἁμαρτήσει τὶ ἀτιμίαν ἐπιφέρον, ἐξορίζεται ὡς ἀτιμίας μὴ φροντίζον. (Bas. II p. 428.)

Cod. IX, 47, 15. — ὅτι ὁ ἄρχων ἀνατρέπειν οὐ δύναται τὴν παρ' αὐτοῦ ὁρισθεῖσαν ποινήν. (Nom. IX, 39.)

Cod. IX, 47, 16. — Οὐ δεῖ ψηφίζεσθαι περὶ γοήτων ἕως ἂν ἀποδειχθῇ τὸ ἔγκλημα διὰ καταθέσεως τοῦ κατηγορουμένου καὶ βασάνων καὶ συμφώνων καταθέσεων. (Nom. IX, 25.)

Cod. IX, 50, 1? — Ὁ πολιτικὸς νόμος τὸν ἑαυτὸν ἀνελόντα ἢ ἀνελεῖν ἐπιχειρήσαντα διὰ φόβον ἐγκλήματος, οὐ μὴν διὰ νόσον ἢ μῖσος ζωῆς, τιμωρεῖται ὡς τὸν ἕτερον ἀνελόντα, καὶ δημεύει τὴν οὐσίαν αὐτοῦ. (Nom. III, 22.)

Cod. X, 15, 1. —Ἔξεστιν ἑκάστῳ ἐν τῷ ἰδίῳ τόπῳ ζητεῖν θησαυρὸν ἄνευ θυσιῶν ἤ τινος παρανόμου τέχνης, καὶ ἀπολαύει ὁ εὑρίσκων. καὶ περὶ τῶν τοιούτων οὐκ ἔξεστι προσαγγέλλειν. (Nom. IX, 25.)

Cod. X, 32, 1. — ὅτι ἐὰν γνώμῃ μου ὁ υἱός μου γένηται βουλευτὴς, ἐνέχομαι μετὰ τῶν κληρονόμων τῇ πόλει. μιμοῦμαι γὰρ ἐγγυητὴν ἐξ ἀπορίας δὲ τοῦ υἱοῦ ἐναγόμενος. (Bas. III p. 742.)

Cod. X, 32, 44. — τὸ παρὰ τοῦ δημοίρου μέρους τῆς βουλῆς γινόμενον ἔρρωται ὡς ὑπὸ πάσης γεγονός. (Bas. III p. 739.)

Cod. X, 42, 6. — περὶ τῶν φιλοσόφων, ὅτι λειτουργοῦσι τὰ οὐσιακά. (Bas. III p. 681.)

Cod. X, 61, 1. — τὸν τοιοῦτον μετὰ τὸν καιρὸν μὴ εἶναι ἄτιμον. (Bas. I p. 332.)

Cod. X, 62, 4. — ὅτι εἰ μὴ κινδύνῳ μου ὁ στρατηγὸς τὸν ὑπεξούσιόν μου ὀνομάσει κουράτωρα, οὐ χρῄζω ἐκκλήτου. οὐκ ἐγὼ γὰρ, ἀλλ' ὁ ὀνομαστὴς ἐνέχεται, εἰ μὴ ἄρα κατὰ γνώμην μου ὁ υἱὸς ἐγένετο βουλευτής. (Bas. III p. 742.)

Cod. XI, 21, 1. — ὅτι ἡ Κωνσταντινούπολις ἔχει τὰ προνόμια τῆς ἀρχαίας Ῥώμης. (Nom. VIII, 1.)

Cod. XI, 41, 4. — ὅτι ἐν δημοσίαις στοαῖς ἢ πλησίον βασιλικῶν εἰκόνων ἢ ἐν ἐπισήμοις τόποις τῆς πόλεως οὐ δεῖ μίμων ἢ ἡνιόχων ἢ ὀρχηστῶν ἢ ἑτέρων προσώπων ἀσέμνων εἰκόνας ἀνατίθεσθαι, ἀλλὰ ἐν ταῖς εἰσόδοις τοῦ ἱππικοῦ ἢ τοῖς προσκηνίοις τοῦ θεάτρου. (Bas. II p. 435.)

Cod. XI, 48, 20. — κωλύει τοὺς γεωργοὺς ἐπὶ πολὺν χρόνον καταβαλόντας τὴν πρόσοδον ἀντιλέγειν περὶ καταστάσεως, ἐκβαλλομένους τῇ τοῦ μακροῦ χρόνου παραγραφῇ ἢ τῇ συνεχεῖ δόσει τῆς προσόδου. (Bas. II p. 687.)

Wenn man diese Stellen einer genaueren Betrachtung unterzieht, so stellt sich zunächst als zweifellos heraus, dass die Summa des Codex, aus der sie geschöpft sind, mit dem Index

des Thaleläus oder Isidorus und dem σύντομος κῶδιξ des Theodorus ebenso wenig gemein hat, als dies vorhin für die Summa von Cod. lib. I tit. 1—13 im ersten Abschnitt der *Collectio tripartita* nachgewiesen worden ist. Für Thaleläus und Theodorus ergiebt sich dies einfach aus einer Vergleichung der in den Basiliken und deren Scholien enthaltenen entsprechenden Stellen, wie sie mit Hülfe des Manuale Basilicorum leicht aufzufinden sind. Aus dem Codex des Isidorus aber giebt der Nomocanon L titulorum die c. 2 C. 4, 1 in Voelli et Justelli bibl. juris canon. to. II p. 655, die c. 9 C. 4, 20 ebenda p. 622, die c. 3 C. 6, 2 ebenda p. 657, die c. 2. 4. 5. 6 C. 9, 18 ebenda p. 648. 649, und diese Summen lauten durchaus verschieden von denjenigen, welche Enantiophanes von denselben Constitutionen giebt.

Eine Vergleichung mit den von Ferrini bekannt gemachten Bruchstücken aus dem Codex des Anatolius zeigt nun aber ferner auch, dass Enantiophanes nicht aus diesem schöpfte. Zwar findet sich in unseren Handschriften des Nomocanon XIV titulorum bei tit. XIII cap. 29 ein Scholium, welches zu besagen scheint, dass die dort wiedergegebenen Summen von c. 1. 2 C. 3, 43 von Anatolius, dagegen die in Basil. LX, 8, 5. 6 von Thaleläus seien, und Krüger hat danach behauptet, dass überhaupt die im Nomokanon angeführten Summen von Constitutionen aus dem Codex des Anatolius entnommen sein müssten. Allein, wenn ich auch früher geneigt war mich dieser Meinung anzuschliessen, so muss ich doch jetzt dieselbe entschieden verwerfen. Wenn anders die Fassung des gedachten Scholiums im Vatic. 829 (οὐκ ἐστὶ δὲ ταῦτον — lies τὸ ῥητὸν — τοῦ θαλελαίου ἀλλὰ τοῦ ἀνατολίου) die ursprünglichere ist, so sagt dasselbe vielmehr, dass der Text in Basil. LX, 8, 5. 6 nicht von Thaleläus, sondern von Anatolius sei, spricht sich also in keiner Weise über die Urheberschaft der von Enantiophanes mitgetheilten Summe aus. Umgekehrt wird nach einer Bemerkung zu den Ῥοπαί c. 43 in not. 67 meiner Ausgabe nunmehr angenommen werden müssen, dass die Summa des Enantiophanes nicht die des Anatolius sein könne, da dieser etwas gesagt haben soll, was in jener nicht steht. Die Verschiedenheit beider Summen wird jetzt durch die von Ferrini bekannt gemachten Auszüge aus Anatolius über allen Zweifel erhoben. Zum Beweise lasse ich hier die betreffenden Stellen folgen, die man mit den vorhin mitgetheilten Stellen aus der von Enantiophanes — Anonymus benutzten Summa des Codex vergleichen möge:

Cod. II, 11, 20. — Οἱ ἀναισχύντως τοκίζοντες καὶ τόκους τόκων ἀπαιτοῦντες ἀτιμοῦνται.

Cod. III, 12, 5. — Ἐν τῇ μ΄ τοῦ πάσχα ἀργείτωσαν αἱ ἐγκληματικαὶ ζητήσεις.

Cod. III, 12, 7. — Ἐν ταῖς πασχαλίαις ἡμέραις, εἴτε δημοσία εἴτε ἰδιωτικὴ εἴσπραξις εἴη, ἡσυχαζέτω. ἐμαγκιπατίων δὲ ἡ ἐλευθερία γινέσθω πραττομένων ὑπομνημάτων.

Cod. III, 12, 8. — Οἱ λῃσταὶ καὶ μάλιστα οἱ ἴσαυροι συσχεθέντες εἴτε ἐν τῇ μ΄ εἴτε ἐν ταῖς πασχαλίαις ἡμέραις τιμωρείσθωσαν, ὅπως ἂν οἱ λοιποὶ σῶοι διαμένοιεν.

Cod. IV, 1, 2. — Εἰ ἐπιορκῇ τις, τὸν θεὸν τιμωρὸν ἔχει, οὐ μὴν τιμωρεῖται. ἀλλ᾽ οὐδὲ ἐγκληματικῶς τῷ τῆς μαϊεστάτις ὑποπίπτει εἰ καὶ ἀπὸ θερμότητος κατὰ τοῦ βασιλέως ὀμόσας ἐπιορκήσῃ.

Cod. IV, 1, 13. — Ἐάν τις εἴπῃ καταλελεῖφθαι αὐτῷ ληγάτον, εἶτα τῆς διαθήκης μὴ φαινομένης ὁ κληρονόμος ὅρκον αὐτῷ ἐπαγάγῃ, ὁ δὲ ὀμόσῃ, εἶτα φανῇ μηδὲν αὐτῷ καταλελεῖφθαι, ἀποκερδαίνειν αὐτὸ τὸν κληρονόμον. εἰ δὲ τῇ ἀληθείᾳ κατελείφθη τὸ ληγάτον, παρακρατεῖσθαι τὸν φαλκίδιον καὶ μηδαμῶς τινα ἐκ τῆς τοιαύτης αἰτίας πρόφασιν κέρδους ἀπενέγκασθαι[1]).

Cod. IV, 32, 3. — Τόκος ἀνεπερώτητος οὐκ ἀπαιτεῖται, εἰ καὶ τὰ μάλιστα καταβληθεὶς ἀπὸ ψιλοῦ πάκτου ξεπετιτίονα οὐκ ἐπιδέχεται οὐδὲ τῷ κεφαλαίῳ λογίζεται.

Cod. IV, 32, 7. — Ὁ δανειστὴς ἀπὸ συμβολαίων δεικνύειν ὀφείλει τί χρεωστεῖται καὶ τὸν τόκον αὐτῶν. ἀπὸ γὰρ τοῦ ἐκουσίως καταβαλεῖν τὸν δεβίτορα τόκον οὐ κατασχεθήσεται.

Cod. IV, 34, 7. — Ἐὰν λαβὼν παραθήκην τὶς ἄλλῳ ταύτην παρέθετο λαβὼν ἀντέγγραφον, αὐτὸς ἐνάγεται τῇ δεποσίτι μὴ δυνάμενος παραπέμπειν αὐτὸν τῷ ἄλλῳ.

Cod. V, 9, 2. — Προστίθησι τῷ πενθίμῳ χρόνῳ β′ μῆνας ὥστε ιβ′ εἶναι. εἴ τις οὖν ἐντὸς τοῦ χρόνου τούτου γήμῃ γυνὴ, ἄτιμος ἔστω καὶ μήτε ἀξιώματος μήτε λαμπρᾶς τύχης ἀξιούσθω, ἀλλὰ καὶ τὰ καταλειφθέντα αὐτῇ ἀπὸ τοῦ ἀνδρὸς οἱαδήποτε οὐ λήψεται.

Cod. VII, 50, 1. — Οὐδεὶς δύναται ἀνατρέψαι τὴν ἰδίαν ἢ τὴν τοῦ προηγήσαμένου ψῆφον. ὥστε οὖν οὐδὲ ἐκκαλεῖσθαι χρεία ἐστὶν ἐνταῦθα.

Cod. VII, 65, 2. — Ὁ φονεὺς καὶ ὁ γόης καὶ ὁ μοιχὸς καὶ ὁ ἁρπαξ ἐλεγχθεὶς καὶ συνομολογήσας οὐκ ἐκκαλεῖται. εἰ μέντοι μὴ ὁμολογήσῃ καὶ φόβῳ τῶν βασάνων καθ' ἑαυτὸν εἶπε καὶ καταδικασθῇ, δύναται ἐκκαλεῖσθαι.

Cod. IX, 7, 1. — Ἐάν τις τὸν βασιλέα λοιδορήσῃ κατὰ μέθην ἢ ἄλλως πως, ὑπομενέτω μηδέν. εἰ γὰρ διὰ κουφότητα τοῦτο ἐποίησε, καταφρονείσθω· εἰ δὲ διὰ μανίαν, ἐλεείσθω. ἀναφερέσθω μέντοι τὸ πρᾶγμα τῷ βασιλεῖ, καὶ λοιπὸν κατὰ τὴν ποιότητα τοῦ προσώπου αὐτὸς ἐπιτρέπει ἢ τιμωρηθῆναι ἢ ἀφεθῆναι αὐτόν.

Cod. IX, 10, 1. — Ὁ τὴν ἐπιτροπευομένην παρ' αὐτοῦ φθείρας καὶ δημευέσθω καὶ δεπορτατευέσθω, εἰ καὶ τὰ μάλιστα τὴν τῆς ἁρπαγῆς τιμωρίαν ὑπεισιέναι ὀφείλει.

Cod. IX, 13, 1. — Ὁ παρθένον ἁρπάζων μνηστευθεῖσαν ἢ οὔ ἢ χήραν, εἴτε ἀπελευθέραν εἴτε δούλην ἢ τῷ θεῷ καθιερωμένην, ἀποτεμνέσθω. οὗτος γὰρ οὐ μόνον εἰς αὐτὴν ἁμαρτάνειν δοκεῖ, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ θεῖον. ὁμοίως δὲ καὶ οἱ βοηθοῦντες αὐτοῖς.

Cod. IX, 18, 4. — Ἡ γοητεία ἡ ἕλκουσα εἰς ἔρωτα λογισμοὺς ἀπαγορευέσθω. ἡ μέντοι ἐπὶ θεραπείᾳ σώματος γενομένη ἢ διὰ τὸ ἐπισχεῖν βροχὴν ἢ χάλαζαν σωτηριώδης οὖσα φυλαττέσθω μηδενὶ κίνδυνον φέρουσα.

Cod. IX, 18, 6. — Οἱ εὑρισκόμενοι γοηταὶ θηρίοις παραβαλλέσθωσαν. οὗτοι γὰρ τὰ στοιχεῖα ταράττουσι καὶ τὴν ζωὴν ἑτέρων βλάπτουσι καὶ ἐχθροὺς λυμαίνονται.

Cod. IX, 41, 3. — Ἐὰν δοῦλοι παράγωνται εἰς μαρτυρίαν βασανιζέσθωσαν, εἶτα μετ' αὐτοὺς καὶ ὁ κατηγορούμενος, καὶ μὴ ἀγανακτείτω ὅτι σπλάγχα φαρμάκοις ἔσβεσεν.

Cod. IX, 47, 15. — Ὁ ἄρχων ἣν ἐψηφίσατο τιμωρίαν οὐ δύναται ἀνακαλεῖσθαι.

---

1) Die Summa von Cod. IV, 20, 9, welche ein Scholium zu den Bas. ed. Heimb. II p. 405 als von Anatolius herrührend enthält, ist ebenfalls von derjenigen verschieden, von welcher Enantiophanes ein Bruchstück anführt.

Es ist bisher ausgeführt worden, dass Anonymus-Enantiophanes in den Stellen des Codex, die er ausser den im ersten Abschnitt der *tripartita collectio* enthaltenen anführt, nirgend dem Isidorus oder Thaleläus und ebenso wenig dem Anatolius oder Theodorus folgt, sondern eine andere Summa benutzt. Zunächst ist nun die Frage zu beantworten, ob diese Summa dieselbe ist, von welcher Cod. I, 1—13 im ersten Abschnitt der gedachten *collectio* erhalten ist, oder ob Enantiophanes zwar für Cod. I, 1 — 13 sich an die *tripartita collectio* gehalten, im Uebrigen aber eine andere Summa gebraucht hat.

Ich bin nun sehr geneigt anzunehmen, dass sowohl Cod. I, 1—13 in der *tripartita collectio* als die aus den folgenden Titeln und Büchern des Codex von Anonymus-Enantiophanes angeführten Summen Bestandtheile einer und derselben abgekürzten Bearbeitung des Codex seien. Einen directen Beweis dafür giebt es zwar nicht, aber es sprechen ausreichende Gründe indirect für eine solche Vermuthung.

Zunächst wird dieselbe sehr wahrscheinlich gemacht durch die Art, wie Enantiophanes in Nom. XII, 13 Summen von Cod. I, 5, 12 und 9, 6 ganz nach dem Wortlaut im ersten Theile der *collectio tripartita* und dazwischen eine Summe von Cod. V, 1, 5 als Vorschriften des πολιτικὸς νόμος anführt, ohne auch nur im Geringsten anzudeuten, dass die angeführten Summen aus verschiedenen Bearbeitungen des Codex entnommen seien. Ferner wird anerkannt werden müssen, dass es doch wohl nur eine beschränkte Anzahl von derartigen Bearbeitungen des Codex bei den Byzantinern gegeben haben wird. Es ist daher von vornherein nicht wahrscheinlich, dass neben den Summen von Anatolius und Theodorus noch zwei weitere Summen existirt haben sollten, deren eine in der ersten Abtheilung der *Collectio tripartita*, die andere von Enantiophanes oder Anonymus in seinen Citaten benutzt wäre. Von den Novellen hat es allerdings zahlreichere Summen gegeben: ausser der oben beschriebenen die von Athanasius, Theodorus, Philoxenus, Symbatius. Aber diese Mehrheit erklärt sich aus dem Vorhandensein nach Ordnung und Inhalt verschiedener Sammlungen der Novellen, von denen die Eine Epitome diese, die andere eine andere zur Grundlage nahm. Eine ähnliche Veranlassung zur Bearbeitung verschiedener Summen des Codex lag nicht vor: beim Codex wird man sich, wie man bei den Digesten an dem Index des Dorotheus und dem πλάτος des Stephanus und an den Summen von Anonymus und Kyrillus sich genügen liess, an dem Index des Isidorus und Thaleläus und wenigen Summen genug gehabt haben. Es müssten sehr zwingende Gründe vorliegen, — was hier in keiner Weise der Fall ist, — wenn man annehmen sollte, dass es neben den Summen des Codex von Anatolius und Theodorus gewiss noch zwei andere gegeben habe.

Sodann mag darauf aufmerksam gemacht werden, dass es eine charakteristische Eigenschaft der in der *Collectio tripartita* erhaltenen Summa von lib. I tit. 1—13 des Codex ist, dass regelmässig jedem Titel παράτιτλα beigegeben sind, d. i. Anführungen von Stellen des Codex und der Novellen, welche die in der Titelrubrik bezeichnete Materie betreffen, aber in anderen Titeln des Codex oder in Novellen vorkommen. Der σύντομος κῶδιξ des Theodorus hatte dergleichen nicht: dass die Summa des Anatolius παράτιτλα gehabt habe, dafür ist nicht

das geringste Anzeichen vorhanden[1]). Nun verweist aber Enantiophanes im Nom. IX, 26 auf παράτιτλα zum Codex, und es ist gewiss der Schluss gerechtfertigt, dass er eben diejenige Summa vor Augen hat und benutzt, welcher derartige Beigaben eigenthümlich sind. Zwar könnte man gegen diese Schlussfolgerung einwenden, dass die in den Paratitla zu tit. 2. 3. 4 und 5 enthaltenen Auszüge aus Cod. III, 12, 5. 6. 43, 1. V, 1, 5 sehr anders lauten, als die von Enantiophanes gegebenen, vorhin angeführten Summen. Allein dieser Umstand würde doch nur alsdann für eine verschiedene Quelle der einen und der anderen Summa sprechen, wenn es feststände, dass die Auszüge der Paratitla stets mehr oder minder wörtlich aus den Summen der betreffenden Titel geschöpft seien. Dies ist indessen durchaus nicht der Fall, wie sich z. B. aus einer Vergleichung der drei ersten Auszüge in den Paratitla zu lib. I tit. 1 mit den Summen der c. 15. 23. 29 in lib. I tit. 3 mit aller Bestimmtheit ergiebt. Es bleibt mithin dabei, dass Enantiophanes, indem er auf Paratitla zum Codex verweist, aller Wahrscheinlichkeit nach die Paratitla in derjenigen Summa des Codex im Auge hat, von welcher der erste Abschnitt der *tripartita collectio* ein Stück enthält.

Zuletzt, aber nicht am Wenigsten, spricht für meine Behauptung die Art und Weise, wie Enantiophanes die Novellen anführt. Die im dritten Abschnitt der *tripartita collectio* epitomirten Novellen citirt, wie oben gezeigt worden ist, Enantiophanes zwar nach Titel und Nummer der Epitome des Athanasius, er führt aber nicht die Worte dieser Epitome an, sondern giebt statt deren Auszüge aus einer ganz verschiedenen Epitome; dem analog würde er gewiss, wenn ihm eine andere Summa des Codex, als diejenige, von der ein Stück im ersten Abschnitte der *tripartita collectio* enthalten ist, vorgelegen hätte, von den Constitutionen aus lib. I tit. 1 — 13 nicht die in Letzterer, sondern die in Ersterer vorhandenen Summen angeführt haben. Dass dies nicht geschehen ist, dass vielmehr, wo im Nomokanon Summen aus Cod. I, 1—13 mitgetheilt werden, diese stets wortgetreu aus dem ersten Abschnitte der *tripartita collectio* entnommen sind, beweist hienach ziemlich schlagend, dass es eine und dieselbe Summa sein muss, aus der sowohl dieser erste Abschnitt als die aus anderen Titeln von Enantiophanes angeführten Summen entnommen sind.

Man kann dagegen nicht geltend machen, dass in den Paratitla zu jener Summa tit. 3 und 4 die Nov. CI (81) und tit. 5 Nov. LXII (45) als Nov. 80 bez. 50 angeführt sind, während dieselben von Enantiophanes mit einer anderen Zahl — als νεαρὰ οε′ und μβ′ — citirt werden. Denn dies beweist nur, dass Enantiophanes eine andere Novellensammlung oder deren Epitome vor Augen gehabt hat, als der Verfasser der von ihm benutzten Codexsumma, und dass also Enantiophanes nicht selbst der Verfasser dieser Summa gewesen sein kann.

Wem können wir nun aber die in Frage stehende Summa des Codex zuschreiben?

Bekanntlich haben sich in der *Appendix Eclogae* und der *Epitome ad Prochiron mutata*

---

1) Im Cod. Paris. gr. 1367 werden Summen von Cod. 1, 3, 25 und 6, 61, 8 als τῶν παρατίτλων oder ἐν παρατίτλοις angeführt. Indessen auch hier sind wohl keine anderen Paratitla gemeint, als die hier in Frage stehenden.

einige Summen von Constitutionen erhalten, als deren Quelle ein σύντομος κῶδιξ Στεφάνου ἀντικίνσορος angegeben ist. Ich habe diese Summen in meinen Ἀνέκδοτα p. 181 sqq. herausgegeben, und in den Prolegomenen ausgeführt, dass dieser σύντομος κῶδιξ wohl identisch sei mit demjenigen, der in der *Collectio constitutionum ecclesiasticarum tripartita* und im *Nomocanon XIV titulorum* benutzt ist, und dass der Στέφανος ἀντικίνσωρ wohl kein anderer sei als der gerühmte Verfasser eines weitläufigen Commentars zu den Digesten. Später habe ich in der Zeitschrift für Rechtsgeschichte Bd. X S. 54 ff. wahrscheinlich zu machen gesucht, dass die Angabe des Stephanus als des Verfassers wohl eine irrige sei, und dass es sich in der That um die Summa des Anatolius handle.

Das Letztere hat sich nun neuerdings als falsch herausgestellt. Denn nicht nur ist die Summa des Anatolius, wie oben bewiesen, von der in der *Collectio tripartita* und im *Nomocanon XIV titulorum* benutzten verschieden, sondern sie ist ebenso verschieden von der Summa des Stephanus. Es ergiebt sich dies aus den Summen von Cod. 6, 23, 21. Den Anatolius dieser Constitution bildet der in der Synopsis Δ, 13, 25 erhaltene Text der Basiliken: einige Handschriften der Epitome (vgl. mein *Jus Graeco-Romanum* P. VII p. 54 not. 59) bezeugen die Autorschaft des Anatolius. Die Summa des Stephanus dagegen ist in meinen Ἀνέκδοτα a. a. O. gedruckt. Diese hat mit jener nichts gemein. Wenn ich mich früher für die Identität von Anatolius und Stephanus darauf berufen habe, dass die ῥοπαί (p. 151 not. 19 meiner Ausgabe) dem Anatolius zuzuschreiben scheinen, was nach der *Appendix Eclogae XII* (vgl. meine Ἀνέκδ. p. 187) in der Summa des Stephanus stehe, so ist, selbst zugegeben, dass in den ῥοπαί keine Verwechslung vorliegt, es immerhin recht wohl möglich, dass der Eine wie der Andere dieselben Worte nach Anleitung des Textes (ἧττονα χρόνον für *minoris temporis*) gebraucht, ohne dass dies für die Identität beider Autoren beweist.

Die Identität des Commentators der Digesten Stephanus und des Verfassers des σύντομος κῶδιξ, des Antecessors Stephanus, ist mir neuerdings zweifelhaft geworden. In meiner Geschichte des griechisch-römischen Rechts (2. Ausg. S. 7) habe ich die Meinung ausgesprochen, dass Summen der Justinianischen Gesetzbücher in der Hauptsache nicht schon unter Justinian und gegen dessen Verbot geschrieben worden seien, sondern erst unter dessen Nachfolgern. Ist dies richtig, so gehört die Summa des Codex von Anatolius sowohl wie die von Stephanus in diese spätere Zeit; jener Digestencommentar aber ist bekanntlich noch bei Lebzeiten Justinians verfasst. Letzterer charakterisirt sich durch eine oft schwulstige Breite, im σύντομος κῶδιξ herrscht prägnante Kürze, was ebenfalls auf verschiedene Verfasser hinweist. Auch ist zu beachten, dass die Citate im Digestencommentar sich immer nur auf den Originaltext des Codex, nicht aber auf eine Summa desselben beziehen: hätte der Urheber des Digestencommentars einen σύντομος κῶδιξ verfasst, so würde er seine Leser doch wohl auf Letzteren verwiesen haben. Endlich scheint der Verfasser des Digestencommentars die Novellen nach einer anderen Sammlung zu citiren, als der Verfasser des σύντομος κῶδιξ. Ich will hier nicht eine weitläufige Untersuchung über die ver-

schiedenen Sammlungen der Novellen anstellen, welche bei den Juristen des sechsten und siebenten Jahrhunderts im Gebrauch waren, sondern will mich damit begnügen hervorzuheben, dass der Verfasser der Codexsumma die Novellen überall mit denjenigen Rubriken anführt, die sie in der Athanasischen Epitome haben, (— vielleicht auch mit den Zahlen, die sie in der Sammlung — dem ῥητὸν — des Athanasius trugen —), während der Bearbeiter des πλάτος der Digesten eine der Sammlung von 168 Stücken näher stehende Sammlung vor Augen gehabt hat, und wenigstens einmal eine andere Rubrik als die in der Codexsumma und bei Athanasius anführt, nämlich περὶ δευτέρων γάμων statt wie hier περὶ τῶν δευτερογαμούντων für Nov. XLVIII (22).

Freilich beweisen alle diese Gründe streng genommen um so weniger für eine Unterscheidung zwischen dem einen und dem anderen Stephanus, als auch der Digestencommentator der Schule angehört zu haben scheint, wie dies von dem Verfasser der Codexsumma durch den Titel Antecessor bezeugt ist. Es ist ja möglich, dass die Novellencitate mehr oder weniger interpolirt sind: dass Stephanus zwar den Digestencommentar bei Lebzeiten Justinian's verfasst hat, die Codexsumma aber erst nach dessen Tode, so dass sie im πλάτος der Digesten nicht citirt werden konnte. Wegen dieser Möglichkeiten will ich dahin gestellt sein lassen, ob nicht dennoch der Antecessor Stephanus mit dem Verfasser des Digestencommentars identisch ist.

Muss ich nun auch meine früher geäusserten Vermuthungen theilweise zurücknehmen, so meine ich sie doch insoweit aufrecht erhalten zu sollen, als ich auch jetzt noch für wahrscheinlich halte, dass die Codexsumma, welche die *tripartita collectio* und Enantiophanes — Anonymus benutzen, den στέφανος ἀντικίνσωρ zum Verfasser hatte und mit dessen σύντομος κῶδιξ identisch ist. Man wende nicht ein, dass der σύντομος κῶδιξ des Stephanus die originallateinischen Titelrubriken beibehalte (vgl. meine Ἀνέκδ. p. 183), während sie in der Summa von Cod. I, 1—13 in der *tripartita collectio* durch wörtliche Uebertragungen ins Griechische ersetzt seien. Letzteres ist zwar allerdings der Fall in den bisherigen Ausgaben: allein nach Pitra II p. 410 sqq. geben alte Handschriften die Rubriken lateinisch. Ebenso wenig kann eingewendet werden, dass die einzelnen Summen von lib. I tit. 1—13 in der *tripartita collectio* ἑρμηνεῖαι heissen, während die Summen anderer Constitutionen als κεφάλαια citirt werden (vgl. meine Ἀνέκδοτα p. 181 sqq.); es scheint in diesen Bezeichnungen eine gewisse Willkür geherrscht zu haben. (Die Summen von Cod. VI, 25, 8. 9, welche als κεφάλαια τελευταῖα δύο aus der *Epitome ad Prochiron mutata* in meinen Ἀνέκδ. p. 182 sq. mitgetheilt sind, werden hier irrig als von Stephanus herrührend angesehen; Stephanus ist in den Basiliken und deren Scholien nirgends benutzt, jene beiden Summen aber bildeten den Text der beiden letzten κεφάλαια in Basil. XXXV, 12, wo sie sicherlich aus dem vielbenutzten Anatolius stammten. Ebenso glaube ich aus demselben Grunde, dass die a. a. O. mitgetheilten Summen von Cod. VI, 23, 27. 28 in der That aus den Basiliken entnommen sind, und dem Anatolius, nicht aber dem Stephanus angehören; nur in dem *Codex Marcianus* hängen

sie scheinbar mit der aus Stephanus entlehnten Summa von Cod. VI, 23, 26 zusammen, im *Cod. Bodlejanus* aber fehlt auch dieser äusserliche Zusammenhang).

Das Ergebniss der bisherigen Untersuchung lässt sich kurz dahin zusammenfassen:

1) Die Summa von Cod. I, 1—13 im ersten Abschnitt der *tripartita collectio constitutionum ecclesiasticarum* und die Summen von Constitutionen des Codex, welche Enantiophanes im Nomokanon von 14 Titeln aus anderen Büchern und Titeln anführt, stammen aus einer und derselben Summa des Codex.

2) Diese Summa ist weder von Isidorus, Thaleläus, Theodorus, noch auch von Anatolius verfasst.

3) Sie ist wahrscheinlich die dem *Stephanus antecessor* zugeschriebene, die zwar in den Basiliken und deren Scholien nicht benutzt ist, von der jedoch auch anderweit Bruchstücke erhalten sind.

4) Der *Stephanus antecessor* ist vermuthlich nicht der Verfasser des πλάτος der Digesten, sondern ein jüngerer Jurist gleichen Namens, es sei denn, dass jener die Summa des Codex erst in späteren Jahren geschrieben hat.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 17.

DIE THERMODYNAMISCHEN BEZIEHUNGEN

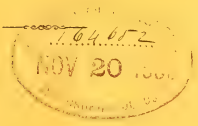
ANTITHETISCH ENTWICKELT

VON

Dr. Arthur von Oettingen,

ord. Prof. der Physik zu Dorpat und correspondirendem Mitgliede der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg.

(*Lu le 5 mars 1885.*)



ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg: MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 60 Kop. = 2 Mk.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 17.

DIE THERMODYNAMISCHEN BEZIEHUNGEN

ANTITHETISCH ENTWICKELT

VON

Dr. Arthur von Oettingen,

ord. Prof. der Physik zu Dorpat und correspondirendem Mitgliede der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg.

(*Lu le 5 mars 1885.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & C^ie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 60 Kop. = 2 Mk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Août 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

INHALTSÜBERSICHT.

Seite

Einleitung 1

I. Allgemeine Beziehungen der Thermodynamik, für alle Aggregatformen.

1) Die vier Hauptparameter 2

2) Die Differentialquotienten der vier Hauptparameter 6

3) Die Wärme- und Arbeits-Capacitäten 8

4) Die innere Energie und die Energiecapacitäten 18

5) Freie, gebundene, totale und verlorene Energie 21

II. Theorie der thermischen Wärmecapacität auf Grund einer neuen Hypothese.

1) Allgemeine Theorie 31

2) Specifische Wärme des Wassers und des Eises 34

III. Theorie der Gase.

1) Allgemeine Theorie auf Grund der neuen Hypothese 44

2) Abweichung von Mariotte's Gesetz und Joule's Ausströmungsproblem 59

Schluss 67

EINLEITUNG.

Die mannigfaltigen Beziehungen, die in den letzten Decennien unter allen den verschiedenen, in der Physik discutirten Eigenschaften der Körper aufgedeckt worden sind, lassen es wünschenswerth erscheinen, eine der Art übersichtliche Entwickelung dieser Relationen aufzustellen, dass der ganze Aufbau unter einen einheitlichen Gesichtspunkt gestellt wird. Die Zahl der den Forscher interessirenden Coefficienten mag dabei noch so gross sein, — nie wird man eine Verwirrung zu befürchten haben, wenn es gelingt nach einem strengen System alle Abhängigkeiten festzustellen und zu ordnen.

Solche Ordnung vermisst man in den bisher gegebenen Entwickelungen, zum Theil deshalb, weil bald die eine, bald die andere Beziehung Gegenstand der speciellen Untersuchung war, andererseits weil die Thermodynamik selbst mitten in einem Stadium der Entwickelung sich befindet, so dass durch experimentelle Daten noch in wesentlichen Punkten die Theorie gefördert werden wird. Aber auch die Lehrbücher der Thermodynamik entbehren noch, wie ich glaube, jenes einheitlichen Charakters, der dem Leser leicht und rasch den Inhalt des Ganzen in solch einer Form vorführt, die sich leicht dem Verständniss darbietet und dem Gedächtniss einprägt.

Die vorstehend angedeutete neue Anordnung des Stoffes besteht theils in einem consequent durchgeführten dualen Gegensatz aller Formeln, theils auf der Methode erschöpfender Combination der variablen Grössen. Das erstgenannte Moment, der duale Gegensatz, ist nur selten und nie ganz consequent durchgeführt worden, das andere Moment hat ebenso nur zum Theil Beachtung gefunden.

Unter diesen Umständen sehe ich mich genöthigt, von den Elementen an alle Beziehungen zu entwickeln, wobei, wie ich hoffen darf, manch neuer Gesichtspunkt gewonnen wird.

Die nachfolgende Abhandlung zerfällt in drei Abschnitte, deren erster die allgemeinen, für jede Aggregatform gültigen Relationen bringt. Im zweiten Abschnitt wird eine neue Hypothese über die Variabilität der specifischen Wärme aufgestellt, und die

entsprechende Theorie an Versuchen mit festen und flüssigen Körpern geprüft. Im dritten Abschnitt wird eine Theorie der reellen, im Gegensatz zu den sog. ideellen, Gase auf Grund derselben Hypothese aufgebaut, und die Folgerungen aus derselben experimentell untersucht.

I. Allgemeine Beziehungen der Thermodynamik, gültig für alle Aggregatformen.

1. Die vier Hauptparameter.

Wenn der Zustand eines Körpers bestimmt ist, so kann eine Aenderung nur durch Zufuhr von Energie (pos. oder neg.) statthaben, und zwar auf zwiefache Weise, nämlich durch

actuelle Energie Q oder potentielle Energie S.

Beschränken wir uns auf die gewöhnlichen Formen der Energie, und zwar

auf die calorische, zu welcher noch die durch Stoss mitgetheilte hinzugenommen werden kann, sofern letztere sich sofort in Wärme umsetzt, so setzen wir

$$dQ = t.du \qquad (1)$$

wo t die absolute Temperatur, und u die Adiabate oder Entropie bedeutet.

auf die potentielle, d. h. auf die Ueberwindung eines äusseren Druckes um eine gewisse Wegstrecke oder was dasselbe ist, auf den Druck pro Flächeneinheit mal Volumänderung, so setzen wir

$$dS = -p.dv \qquad (1^*)$$

wo p den Druck und v das specifische Volumen bedeutet.

Q und S wollen wir stets mit derselben Einheit gemessen denken, entweder nach Calorieen, oder beide nach Kilogrammometern. Damit vermeiden wir das lästige Herumschleppen des Aequivalentes A, welches doch erst bei Zahlenbeispielen zur Verwendung gelangt.

Die Wärme kann als solche nur von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergehen.

Nur mit Aenderung der Adiabate oder Entropie kann actuelle Energie zugeführt werden.

Die absolute Temperatur t des Körpers wird gemessen durch die actuelle Energie der Molekel.

Sobald die Aussentemperatur eine unendlich wenig andere, ist das thermische Gleichgewicht gestört und wie auch der Druck der Arbeit kann nur von dem Körper ausgeübt werden, dessen Druck den höheren Werth hat.

Nur mit Aenderung des Volumens kann potentielle Energie zugeführt werden.

Der absolute Druck p des Körpers wird gemessen durch die todte Kraft des Körpers gegen die Aussenwand.

Sobald der Aussendruck ein unendlich wenig anderer ist, wird das Kräftegleichgewicht gestört, und wie auch die Tem-

Grenzfläche beschaffen sei, es tritt actuelle Energie aus oder ein.

Mit der Hand kann ein heisser Körper zusammengedrückt werden, während Wärme aus dem Körper in die Hand strömt.

Sobald actuelle Energie aus- oder eintritt, ändert sich nothwendigerweise die Adiabate oder Entropie und

$$du = \frac{dQ}{t} \qquad (2)$$

peratur der Grenzflächen beschaffen sei, es tritt potentielle Energie aus oder ein.

Der Druck der Hand kann durch den elastischen Gegendruck eines Körpers überwunden werden, während Wärme aus der Hand in den Körper strömt.

Sobald potentielle Energie aus- oder eintritt, ändert sich nothwendigerweise das Volumen, und

$$-dv = \frac{dS}{p} \qquad (2^*)$$

Von den vier Parametern, p, v, t und u bestimmen je zwei vollständig den Zustand des Körpers, sofern von Capillarität, Electricität und anderen Erscheinungen abgesehen wird. Die vier Parameter bilden zwei Paare:

t	p
u	v

Jeder einzelne Parameter bezeichnet, für sich allein betrachtet, eine Mannigfaltigkeit von Zuständen, wie sich am besten graphisch veranschaulichen lässt:

Wählen wir als Coordinaten t und u, letztere als Abscisse, so stellt eine vertikale Linie alle die Zustände dar, die unter den Begriff der constanten Adiabate oder Entropie subsumiren. Desgleichen repräsentirt eine horizontale Linie den Begriff des Parameters t.

Unter Adiabate oder Entropie des Körpers stelle man sich die Mannigfaltigkeit aller Zustände vor, die der Körper bei adiathermaner Hülle annimmt unter Anbringung potentieller Energie. Oder:

Der Zustand des Körpers kann bei constanter Adiabate nur durch potentielle Energie verändert werden. Bei constanter Adiabate ferner ändern sich stets alle drei anderen Parameter p, v, t.

Unter Temperatur des Körpers stelle man sich die Mannigfaltigkeit der Zustände

Wählen wir als Coordinaten p und v, letztere als Abscisse, so stellt eine vertikale Linie alle die Zustände dar, die unter den Begriff eines constanten Volumens subsumiren. Desgleichen repräsentirt eine horizontale Linie den Begriff des Parameters p.

Unter Volumen des Körpers stelle man sich die Mannigfaltigkeit aller Zustände vor, die der Körper bei druckfester Hülle annimmt unter Zufuhr von actueller Energie. Oder:

Der Zustand des Körpers kann bei constantem Volumen nur durch actuelle Energie verändert werden. Bei constantem Volumen ferner ändern sich stets alle drei anderen Parameter t, u, p.

Unter dem Druck des Körpers stelle man sich die Mannigfaltigkeit der Zustände

vor, die der Körper durchläuft, während potentielle Energie auf ihn einwirkt unter gleichzeitiger Zufuhr oder Abgabe von actueller Energie an die unverändert temperirte Umgebung.

Bei constanter Temperatur kann der Zustand des Körpers nur durch Einwirkung actueller **und** potentieller Energie sich ändern, und stets ändern sich hierbei die andern drei Parameter p, v und u.

vor, die der Körper durchläuft, während actuelle Energie zu- oder einströmt unter gleichzeitiger Leistung von potentieller Energie an die unverändert ihn drückende Umgebung.

Bei constantem Druck kann der Zustand des Körpers nur durch Einwirkung von potentieller **und** actueller Energie sich ändern und stets ändern sich hierbei die anderen drei Parameter t, u und v.

Je zwei Parameter definiren den Zustand des Körpers; mit andern Worten, jeder Parameter ist Function zweier beliebiger anderer Parameter. Hierbei wird selbstverständlich von Aenderungen der Aggregatform abgesehen.

Während die Constanz der Hauptparameter verhältnissmässig leicht realisirbar oder wenigstens definirbar erscheint, ist das Ausmessen der Veränderungen, selbst begrifflich, mit Schwierigkeiten verknüpft. Am leichtesten erscheint die Ermittelung des Volumens, obwohl hier die Begrenzung des Körpers Schwierigkeiten darbietet. Weniger leicht ist der Druck zu bestimmen, und das gilt noch viel mehr von der Temperatur und vollends von der Adiabate oder Entropie. Bei letzterer ist ein directes Messen kaum ausführbar, sie kann nur durch thermodynamische Beziehungen ermittelt werden. Trotz alledem ist die Adiabate ein ebenso fundamentales und elementares Bestimmungselement der Körperzustände wie das Volumen.

Beim Anfassen eines Körpers fühlt man seine Temperatur. Ist dieselbe niedriger, so wird die Adiabate des Körpers vermehrt und in diesem Sinne fühlt man die Aenderung des Wärmevolumens. Mit anderen Worten: Das Dasein der Adiabate empfinden wir bei Wärmeabgabe, und jeder Körper behauptet sein Dasein gegenüber der Aussenwelt durch seine Temperatur, aber nach Maassgabe seiner Adiabaten- oder Entropie-Aenderung.

Beim Anfassen eines Körpers fühlt man seinen Druck. Bei stärker ausgeübtem Druck wird das Volumen des Körpers vermindert, und in diesem Sinne fühlt man die Aenderung des Arbeitsvolumens. Mit anderen Worten: Das Dasein des Volumens empfinden wir bei Arbeitsleistung, und jeder Körper behauptet sein Dasein gegenüber der Aussenwelt durch seinen Druck, nach Maassgabe seiner Volumenänderung.

Vorstehend erhellt eine Analogie zwischen p und t, sowie zwischen u und v. Ich habe meist die Doppelbenennung Adiabate oder Entropie angewandt, obwohl ich früher mich gegen die letztere Terminologie ausgesprochen habe[1]). Dieselbe ist, wie es scheint, von

1) Pogg. Ann. Erg. Bd. VII. 1876 pag. 127.

Forschern aller Nationen mehrfach adoptirt worden; trotzdem kann ich meinen Vorschlag den fraglichen Parameter Adiabate zu nennen, nicht fallen lassen. Ich möchte jetzt in etwas geändertem Sinne beide Bezeichnungsweisen benutzen, aber in etwas verschiedenem Sinne. Beim adiabatischen Process, eine Bezeichnung, die viel älter ist, als die erst später von Gibbs vorgeschlagene Benennung «isentropischer Process», — ist derjenige Parameter constant, bei welchem kein Wärmeaustauch stattfindet. Ungezwungen ergiebt sich daraus der Name Adiabate, als Eigenschaft des Körpers. Gegen diese Bezeichnung spräche der Umstand, dass eine analoge Bedingung in Bezug auf potentielle Energie das Volumen des Körpers als eine Adiabate erscheinen liesse; allein potentielle Energie tritt doch nicht in dem Sinne durch eine Hülle, wie wir das von der Wärme annehmen. Das Wort Entropie drückt den Wandelungsinhalt des Körpers aus, deutet also gerade jene Mannigfaltigkeit von Zuständen in positivem Sinne aus, und lässt die Andeutung der Hauptbedingung, nämlich die Undurchdringlichkeit der Hülle für actuelle Energie gänzlich bei Seite.

Gegen die Bezeichnung Entropie liesse sich mithin der Einwand erheben, dass ja in diesem Sinne jeder der vier Hauptparameter eine Art Entropie darstellte, da bei der Constanz irgend eines derselben stets eine Mannigfaltigkeit von Zuständen vorgestellt werden soll. Da nun aber Druck, Temperatur und Volumen ihre festen Bezeichnungen haben, so könnte es nicht zu Missverständniss führen, wenn wir irgend einen der beiden vorgeschlagenen Namen wählen. In der That aber brauchen wir zwei Bezeichnungen, den einen für den Parameter selbst und da empfiehlt sich der Name Adiabate, weil er vortrefflich die characteristische Bedingung eines jeweiligen Werthes ausdrückt. Ferner aber brauchen wir eine Bezeichnung für die Einheit, nach welcher die Adiabate gemessen werden soll. Diese werde ich eine Entropie nennen, so dass die Adiabate von einem Werthe zum andern um so und soviel Entropieen sich ändert. Ich schlage also vor, wie üblich

den Druck in Kilogrammen,
das Volumen in Cubikmetern,
die Temperatur in Graden, —
die Adiabate in Entropieen auszudrücken.

Demgemäss nenne ich:

$$1 \text{ mechanische Entropie} = \frac{1 \text{ Killogrammometer}}{1 \text{ Grad Celsius}}$$

$$1 \text{ calorische Entropie} = \frac{1 \text{ Calorie}}{1 \text{ Grad Cels.}} = 424 \text{ mech. Entropieen}$$

Wir gebrauchten vorübergehend für die Adiabate den Ausdruck Wärmevolum, im Gegensatz zum gewöhnlichen Volumen, dem Arbeitsvolumen. Erinnern muss ich daran, dass Zeuners Bezeichnung Wärmegewicht, wie ich schon früher dargethan habe, was aber

leider selbst von Verfassern guter Lehrbücher unbeachtet geblieben ist, für völlig unzutreffend halte. Der

$$\text{Arbeit } p\,(v' - v^\circ) \text{ oder } P\,(h' - h^\circ)$$
$$\text{ist die Wärme } t\,(u' - u^\circ)$$

gegenüberzustellen, und nicht $u\,(t' - t^\circ)$, wie letzteres Zeuner thut[1]).

2. Die Differentialquotienten der vier Hauptparameter.

Wir sahen oben, dass ein Parameter Function zweier beliebiger anderer Parameter sei, so dass wir z als Functionszeichen zugleich benutzend, setzen können:

$$z = z\,(x, y)$$

Wir stellen zunächst einige Sätze zusammen:

Da $$dz = \left(\frac{dz}{dx}\right)_y dx + \left(\frac{dz}{dy}\right)_x dy$$

so ist, wenn z constant, also $dz = 0$ gesetzt wird,

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_z = -\frac{\left(\frac{dz}{dx}\right)_y}{\left(\frac{dz}{dy}\right)_x} \tag{3}$$

ferner: $$\left(\frac{dy}{dx}\right)_z = \frac{1}{\left(\frac{dx}{dy}\right)_z} \tag{4}$$

folglich $$\left(\frac{dz}{dy}\right)_x \left(\frac{dy}{dx}\right)_z \left(\frac{dx}{dz}\right)_y = -1 \tag{5}$$

Die ins Spiel tretenden Differentialquotienten sind folgende:

Compressionscoefficienten:	$\left(\frac{dp}{dv}\right)_u$ und $\left(\frac{dp}{dv}\right)_t$	$\left(\frac{dt}{du}\right)_v$ und $\left(\frac{dt}{du}\right)_p$
Ausdehnungscoefficienten:	$\left(\frac{dv}{dt}\right)_p$ und $\left(\frac{dv}{dt}\right)_u$	$\left(\frac{du}{dp}\right)_t$ und $\left(\frac{du}{dp}\right)_v$
Spannungscoefficienten:	$\left(\frac{dp}{dt}\right)_u$ und $\left(\frac{dp}{dt}\right)_v$	$\left(\frac{dt}{dp}\right)_v$ und $\left(\frac{dt}{dp}\right)_u$
ausserdem	$\left(\frac{dv}{du}\right)_p$ und $\left(\frac{dv}{du}\right)_t$	$\left(\frac{du}{dv}\right)_t$ und $\left(\frac{du}{dv}\right)_p$

1) Cf. Pogg. Ann. Erg. Bd. VII p. 129 und Maxwell, Theorie der Wärme, deutsch von Auerbach, pag. 198.

Die beiden letzten Paare sind einander nach Gleichung (4) wechselweise reciprok, daher nur 12 verschiedene Coefficienten vorliegen.

In Analogie von (3) ist nun beispielsweise

$$\left(\frac{dp}{dv}\right)_t = -\left(\frac{dp}{dt}\right)_v \left(\frac{dt}{dv}\right)_p \qquad (6) \qquad\qquad \left(\frac{dt}{du}\right)_p = -\left(\frac{dt}{dp}\right)_u \left(\frac{dp}{du}\right)_t \qquad (6^*)$$

Der Satz links ist leicht in Worte zu fassen, rechts wird solches umständlich, denn es fehlt gänzlich die Terminologie, sobald die Adiabate mitvorkommt. Eine solche neue Benennung der Differentialquotienten braucht indess nicht nothwendig beschafft zu werden, wie sich später zeigt, da wohlbenannte Coefficienten in einfachster Beziehung zu diesen Parameterquotienten stehen.

In Analogie der Gleichungen (6) könnten zahlreiche Beziehungen aufgestellt werden. Wir übergehen dieselben, da man sie gar zu leicht jeden Augenblick selbst entwickelt. Die 16 angeführten Differentialquotienten sind paarweise geordnet. Ich schlage vor, solche Coefficienten, bei welchen der der Klammer beigefügte Aenderungsweg derselbe ist, isobate Coefficienten zu nennen, beispielsweise

$$\text{isobat: } \left(\frac{dp}{dt}\right)_u \text{ und } \left(\frac{dt}{dv}\right)_u$$

Jeder Coefficient entspricht ferner einer Zustandsänderung, die einem bestimmten Ziele zuführt; so ist etwa in $\left(\frac{dp}{dv}\right)_t$ die Zunahme des Druckes verstanden, wie sie eintreten würde, wenn man das Volumen um die Einheit anwachsen liesse, und $\left(\frac{du}{dv}\right)_p$ bezeichnet eine andere Zunahme, aber wiederum bis das Volumen um die Einheit anwächst. Beide Coefficienten nenne ich, — wie allemal, wenn der Nenner derselbe ist, wie auch der Aenderungsweg beschaffen sei, — isotel.

Wir haben vorhin isotele Coefficienten gepaart. Je sechs isotele und je sechs isobate Coefficienten können überhaupt zwischen 4 Parametern gebildet werden, von denen stets je drei einander reciprok sind.

Isobate Coefficienten:

$\left(\frac{dp}{dv}\right)_{\substack{u\\t}}$ reciprok $\left(\frac{dv}{dp}\right)_{\substack{u\\t}}$ $\qquad$ $\left(\frac{dt}{du}\right)_{\substack{v\\p}}$ reciprok $\left(\frac{du}{dt}\right)_{\substack{v\\p}}$

$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{\substack{u\\p}}$ reciprok $\left(\frac{dt}{dv}\right)_{\substack{u\\p}}$ $\qquad$ $\left(\frac{du}{dp}\right)_{\substack{v\\t}}$ reciprok $\left(\frac{dp}{du}\right)_{\substack{v\\t}}$

$\left(\frac{dt}{dp}\right)_{\substack{u\\v}}$ reciprok $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{\substack{u\\v}}$ $\qquad$ $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{\substack{v\\u}}$ reciprok $\left(\frac{dt}{dp}\right)_{\substack{v\\u}}$

Die Doppelindices bedeuten, dass der eine oder der andere Parameter constant bleibt. Zwischen diesen Coefficienten finden wichtige Relationen statt, die wir bald kennen lernen werden.

3. Die Wärme- und Arbeits-Capacitäten.

Der Satz von der Constanz der Energie ergab:

$$dQ = dE + p\,dv \qquad (7) \qquad\qquad dS = dE - t\,.\,du \qquad (7^*)$$

Ausser den 4 Parametern erscheinen die Energiegrössen Q und S messbar. Die entsprechenden Differentialquotienten sind von höchstem Interesse.

Da $dQ = t\,du$ (1) so ist zunächst:

$$\frac{dQ}{du} = t \qquad (8)$$

d. h. die actuelle Energiezufuhr bei Steigerung der Adiabate um eine Entropie ist stets gleich der jeweiligen Temperatur, unabhängig vom Aenderungswege.

$dS = -p\,.\,dv$ (1*) so ist zunächst:

$$\frac{dS}{dv} = -p \qquad (8^*)$$

d. h. die potentielle Arbeitszufuhr bei Vermehrung des Volums um ein Cubikmeter ist stets gleich dem jeweiligen Druck, unabhängig vom Aenderungswege.

Bei jedem anderen Endziele des Processes muss ein Aenderungsweg angegeben werden; sonst hat der Coefficient keinen bestimmten Sinn. Wir können unendlich viel verschiedene Wege unterscheiden; wir beschränken uns hier auf je zwei Hauptwege. Da es drei verschiedene Endziele giebt, so erhalten wir folgende

Energiecoefficienten:

Thermische Wärmecapacitäten:

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_p = C_p = t\left(\frac{du}{dt}\right)_p \qquad (9)$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_v = C_v = t\left(\frac{du}{dt}\right)_v \qquad (10)$$

Barische Wärmecapacitäten:

$$\left(\frac{dQ}{dp}\right)_v = F_v = t\left(\frac{du}{dp}\right)_v \qquad (11)$$

$$\left(\frac{dQ}{dp}\right)_t = F_t = t\left(\frac{du}{dp}\right)_t \qquad (12)$$

Metrische Wärmecapacitäten:

$$\left(\frac{dQ}{dv}\right)_t = L_t = t\left(\frac{du}{dv}\right)_t \qquad (13)$$

$$\left(\frac{dQ}{dv}\right)_p = L_p = t\left(\frac{du}{dv}\right)_p \qquad (14)$$

Barische Arbeitscapacitäten:

$$\left(\frac{dS}{dp}\right)_t = \Gamma_t = -p\left(\frac{dv}{dp}\right)_t \qquad (9^*)$$

$$\left(\frac{dS}{dp}\right)_u = \Gamma_u = -p\left(\frac{dv}{dp}\right)_u \qquad (10^*)$$

Thermische Arbeitscapacitäten:

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_u = \Phi_u = -p\left(\frac{dv}{dt}\right)_u \qquad (11^*)$$

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_p = \Phi_p = -p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \qquad (12^*)$$

Entropische Arbeitscapacitäten:

$$\left(\frac{dS}{du}\right)_p = \Lambda_p = -p\left(\frac{dv}{du}\right)_p \qquad (13^*)$$

$$\left(\frac{dS}{du}\right)_t = \Lambda_t = -p\left(\frac{dv}{du}\right)_t \qquad (14^*)$$

Bisher haben (9), (10), (13) und (14) Beachtung gefunden; wenn in Versuchen (9*) und (10*) zur Geltung kamen, so wurde doch nicht auf die Bedeutung und Stellung dieser Coefficienten hingewiesen. Man kann sagen, die Grössen C_p und C_v und einigermaassen noch L_p und L_t spielen eine hervorragende Rolle in der Physik, während die acht anderen Coefficienten kaum gewürdigt worden sind. Der Grund hiefür ist in dem Umstande zu suchen, dass auf feste und flüssige Körper nur selten mit potentieller Energie eingewirkt wird. Hierher gehören die Ausdrücke (9*) und (10*). Die Formen (11) und (12) sind übersehen worden, offenbar weil in den Quotienten u und p variirt. Hier findet indess eine nahe Beziehung zu den Ausdehnungscoefficienten statt, worüber später. Direct sind ferner die Φ-Grössen in (11*) und (12*) durch die Ausdehnungscoefficienten dargestellt. Endlich sind (13*) und (14*) kaum irgendwo beachtet worden; hier werden wir ihre Beziehung zu den Spannungscoefficienten kennen lernen. — In unserer Uebersicht sind je zwei isotele Coefficienten gepaart, jedem Paar entspricht ein entgegengesetztes Paar. Nach p und t treten vier isobate Coefficienten auf, nach u und v nur je zwei. Jede Capacität kann zwischen $+\infty$ und $-\infty$ variiren, wenn statt der Constanz der Hauptparameter andere Aenderungswege vorgeschrieben werden. Wir haben überall die beiden Hauptwege angegeben. Die beiden anderen Hauptwege haben stets den Werth 0 oder ∞, und zwar ist:

$$C_u = 0,\ C_t = \infty, \qquad \mathrm{T}_v = 0\ \mathrm{T}_p = \infty$$
$$F_u = 0,\ F_p = \infty, \qquad \Phi_v = 0\ \Phi_t = \infty$$
$$L_u = 0,\ L_v = \infty, \qquad \Lambda_v = 0\ \Lambda_u = \infty$$

Man bemerke noch, dass die C und die Φ isotel sind, sowie anderseits die Γ und F auch isotel sind.

Alle isotelen Energiecapacitäten sind von gleicher Dimension, und zwar sind

die C-Grössen Adiabaten	die Γ-Grössen Volumina
die F- » Volumina	die Φ- » Adiabaten
die L- » Drucke	die Λ- » Temperaturen

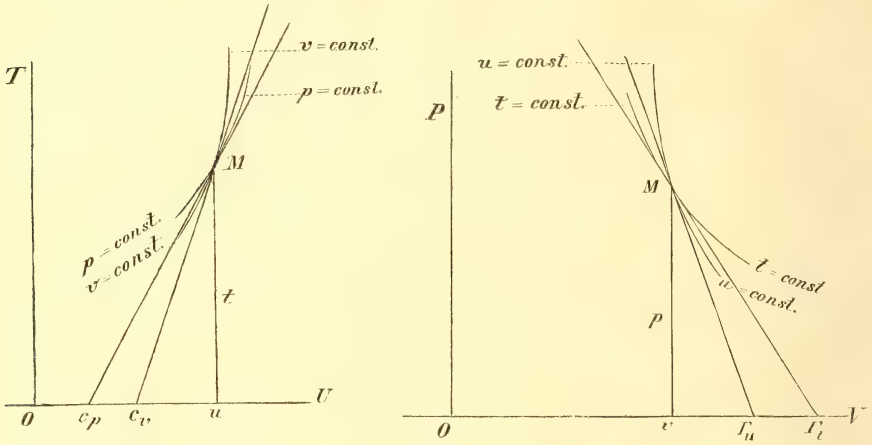
Während also (9) und (10) mit (11*) und (12*) isotel sind, sind andererseits (11) und (12) mit (9*) und (10*) isotel, während (13) und (14) mit (14*) und (13*) im Gegensatz stehen.

Dem L_t begegnet man unter dem Namen «latente Ausdehnungswärme» [1]). Daraus erhellt, dass die Constanz von t wesentlich den Namen bedingt.

Wenn man links (u, t) Coordinaten, rechts (v, p) Coordinaten verwendet, so erschei-

1) Briot, «Lehrbuch der mechanischen Wärmetheorie» deutsch von H. Weber. 1871, pag. 76.

nen die C und Γ als Subtangenten der Aenderungscurven, denn $\left(\frac{du}{dt}\right)_p$ z. B. ist die Cotangente des Winkels der Tangente mit der Abscissenaxe an der Curve p = const, und $t\left(\frac{du}{dt}\right)_p$ ist die Subtangente vom Punkte c_p bis u. Sie erscheint richtig als Adiabatenwerth, während rechts die Γ Volumina sind.



Aehnlich können die übrigen acht Coefficienten als Subtangenten dargestellt werden, allein dazu fehlen uns noch einige Relationen. Daher wir nochmals später die graphische Illustration der Capacitäten vornehmen können.

Zwischen isobaten Coefficienten finden folgende Beziehungen statt. Da beispielsweise

$$t\left(\frac{du}{dp}\right)_v = t\left(\frac{du}{dt}\right)_v \left(\frac{dt}{dp}\right)_v \qquad p\left(\frac{dv}{dt}\right)_u = p\left(\frac{dv}{dp}\right)_u \left(\frac{dp}{dt}\right)_u$$

so finden analoge Umformungen für alle Coefficienten statt. Daher folgende

thermodynamische Beziehungen isobater Coefficienten:

$$F_v = C_v\left(\frac{dt}{dp}\right)_v \quad (15) \qquad \Phi_u = \Gamma_u\left(\frac{dp}{dt}\right)_u \quad (15^*)$$

$$L_t = F_t\left(\frac{dp}{dv}\right)_t \quad (16) \qquad \Lambda_p = \Phi_p\left(\frac{dt}{du}\right)_p \quad (16^*)$$

$$C_p = L_p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \quad (17) \qquad \Gamma_t = \Lambda_t\left(\frac{du}{dp}\right)_t \quad (17^*)$$

$$\text{und } F_v . L_t . C_p + C_v . F_t . L_p = 0 \quad (18) \qquad \Phi_u . \Lambda_p . \Gamma_t + \Gamma_u . \Phi_p . \Lambda_t = 0 \quad (18^*)$$

Ferner stehen alle isotelen Capacitätenpaare in einerlei Verhältnisse mit ihrem dualen Gegensatze:

Denn aus den Definitionen (9) — (14) und Gleichung (6) folgt:

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{\left(\frac{du}{dt}\right)_p}{\left(\frac{du}{dt}\right)_v} = \frac{\left(\frac{du}{dp}\right)_t \cdot \left(\frac{dp}{dt}\right)_u}{\left(\frac{du}{dv}\right)_t \cdot \left(\frac{dv}{dt}\right)_u} \qquad \frac{\Gamma_t}{\Gamma_u} = \frac{\left(\frac{dv}{dp}\right)_t}{\left(\frac{dv}{dp}\right)_u} = \frac{\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \cdot \left(\frac{dt}{dp}\right)_v}{\left(\frac{dv}{du}\right)_p \cdot \left(\frac{du}{dp}\right)_v}$$

und wenn man die isobaten Factoren von Zähler und Nenner mit einander combinirt, und dann noch Zähler und Nenner mit p resp. t multiplicirt,

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{-p \cdot \left(\frac{dv}{dp}\right)_t}{-p \cdot \left(\frac{dv}{dp}\right)_u} = \frac{\Gamma_t}{\Gamma_u} \qquad \frac{\Gamma_t}{\Gamma_u} = \frac{t\left(\frac{du}{dt}\right)_p}{t\left(\frac{du}{dt}\right)_v} = \frac{C_p}{C_v}$$

In gleicher Weise finden wir drei Paare

Beziehungen isoteler Coefficienten:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\Gamma_t}{\Gamma_u} = 1 - K \tag{19}$$

$$\frac{1}{1-k} = \frac{F_v}{F_t} = \frac{\Phi_u}{\Phi_p} = \frac{1}{K} \tag{20}$$

$$\frac{k}{1-k} = \frac{L_t}{L_p} = \frac{\Lambda_p}{\Lambda_t} = \frac{1-K}{K} \tag{21}$$

Die beigefügten Werthe in k und K werden bald bewiesen werden. Dieselben zeigen, dass die 6 Verhältnisse isoteler coordinirter Capacitäten Functionen einer Grösse k oder K sind, wo

$$k + K = 1 \tag{22}$$

Weitere Beziehungen giebt die Behandlung der Hauptgleichung nach Clausius' Vorgange. Wenn x und y irgend zwei Parameter sind, so sei

$$\frac{dQ}{dx} = m, \quad \frac{dQ}{dy} = n \qquad \frac{dS}{dx} = \mu, \quad \frac{dS}{dy} = \nu$$

$$\text{da } dQ + dS = dE$$

so ist $$(m + \mu)\,dx + (n + \nu)\,dy = \left(\frac{dE}{dx}\right)_y dx + \left(\frac{dE}{dy}\right)_x dy$$

folglich

$$m + \mu = \left(\frac{dE}{dx}\right)_y \tag{23}$$

$$n + \nu = \left(\frac{dE}{dy}\right)_x \tag{24}$$

mithin $$\left(\frac{dm}{dy}\right)_x - \left(\frac{dn}{dx}\right)_y = -\left\{\left(\frac{du}{dy}\right)_x - \left(\frac{dv}{dx}\right)_y\right\}$$

Nennen wir die linke Seite E_{xy}, die rechte $-\mathrm{E}_{xy}$, so ist

$$E_{xy} = \left(\frac{d\left(t\left(\frac{du}{dx}\right)_y\right)}{dy}\right)_x - \left(\frac{d\left(t\left(\frac{du}{dy}\right)_x\right)}{dx}\right)_y \qquad \mathrm{E}_{xy} = \left(\frac{d\left(-p\left(\frac{dv}{dx}\right)_y\right)}{dy}\right)_x - \left(\frac{d\left(-p\left(\frac{dv}{dy}\right)_x\right)}{dx}\right)_y$$

folglich folglich

$$E_{xy} = \left(\frac{dt}{dy}\right)_x\left(\frac{du}{dx}\right)_y - \left(\frac{dt}{dx}\right)_y\left(\frac{du}{dy}\right)_x \quad (26) \qquad \mathrm{E}_{xy} = -\left\{\left(\frac{dp}{dy}\right)_x\left(\frac{dv}{dx}\right)_y - \left(\frac{dp}{dx}\right)_y\cdot\left(\frac{dv}{dy}\right)_x\right\} (26^*)$$

folglich $$\left(\frac{dt}{dy}\right)_x\left(\frac{du}{dx}\right)_y - \left(\frac{dt}{dx}\right)_y\left(\frac{du}{dy}\right)_x = \left\{\left(\frac{dp}{dy}\right)_x\left(\frac{dv}{dx}\right)_y - \left(\frac{dp}{dx}\right)_y\cdot\left(\frac{dv}{dy}\right)_x\right\} \qquad (27^*)$$

Setzt man für y und x verschiedene Hauptparameter ein, so wird

	$E_{u,t} = 1$		$\mathrm{E}_{v,p} = -1$
	$E_{u,y} = \left(\frac{dt}{dy}\right)_u$		$\mathrm{E}_{v,y} = -\left(\frac{dp}{dy}\right)_v$
also	$E_{u,p} = \left(\frac{dt}{dp}\right)_u$	also	$\mathrm{E}_{v,t} = -\left(\frac{dp}{dt}\right)_v$
und	$E_{u,v} = \left(\frac{dt}{dv}\right)_u$		$\mathrm{E}_{v,u} = -\left(\frac{dp}{du}\right)_v$
desgleichen	$E_{x,t} = \left(\frac{du}{dx}\right)_t$		$\mathrm{E}_{x,p} = -\left(\frac{dv}{dx}\right)_p$
folglich	$E_{v,t} = \left(\frac{du}{dv}\right)_t$		$\mathrm{E}_{u,p} = -\left(\frac{dv}{du}\right)_p$
und	$E_{p,t} = \left(\frac{du}{dp}\right)_t$		$\mathrm{E}_{t,p} = -\left(\frac{dv}{dt}\right)_p$

Da alle mit gleichen Indices versehenen E und E einander mit entgegengesetztem Zeichen gleich sind, so erhalten wir folgende wohlbekannte wichtige Relationen:

$$-E_{y,x} = E_{x,y} = -\mathrm{E}_{x,y} = \mathrm{E}_{y,x} \qquad (28)$$

$$E_{ut} = -E_{p,v} = 1 \qquad \mathrm{E}_{v,p} = \mathrm{E}_{u,t} = -1$$

ferner $$E_{v,t} = -\mathrm{E}_{v,t}$$

$$-E_{t,p} = E_{p,t} = -\mathrm{E}_{p,t} = +\mathrm{E}_{t,p}$$

$$E_{v,u} = -\mathrm{E}_{v,u}$$

$$E_{p,u} = -\mathrm{E}_{p,u}$$

$$\text{das heisst } \left(\frac{du}{dv}\right)_t = \left(\frac{dp}{dt}\right)_v \tag{29}$$

$$\left(\frac{du}{dv}\right)_p = \left(\frac{dp}{dt}\right)_u \tag{30}$$

$$\left(\frac{du}{dp}\right)_t = -\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \tag{31}$$

$$\left(\frac{du}{dp}\right)_v = -\left(\frac{dv}{dt}\right)_u \tag{32}$$

Da man diese letzten 4 Gleichungen stets zur Hand haben muss, so ist es nützlich, sie mnemotechnisch zu kennzeichnen. In den Quotienten kommen nämlich alle Combinationen der Parameter vor, ausgenommen u mit t und andererseits p mit v. Alle übrigen Combinationen sind mit beiden möglichen Aenderungswegen versehen, die mithin leicht zu finden; nur das Zeichen und die Zusammengehörigkeit der Aenderungswege ist schwer zu behalten. Man merke deshalb wo die einander entgegengesetzten Parameter u und v, resp. t und p combinirt sind, wie in (29) und (30) ist das Zeichen positiv, dagegen negativ, wenn u mit p, resp. v mit t Quotienten bilden. Aber gerade in letzterem Falle stehen die Aenderungswege im Gegensatze.

Es resultiren ferner die nicht minder wichtigen Gleichungen:

$$E_{pv} = -1 \qquad\qquad E_{u,t} = -1$$

$$\text{d. h.: } \left(\frac{dt}{dv}\right)_p \left(\frac{du}{dp}\right)_v - \left(\frac{dt}{dp}\right)_v \left(\frac{du}{dv}\right)_p = -1 \tag{33}$$

$$\left(\frac{dp}{du}\right)_t \left(\frac{dv}{dt}\right)_u - \left(\frac{dp}{dt}\right)_u \left(\frac{dv}{du}\right)_t = -1 \tag{33*}$$

oder, wegen der Gleichungen (29) bis (32):

$$\left(\frac{dp}{du}\right)_t \left(\frac{du}{dp}\right)_v + \left(\frac{dv}{du}\right)_t \left(\frac{du}{dv}\right)_p = 1 \qquad \left(\frac{dt}{dv}\right)_p \left(\frac{dv}{dt}\right)_u + \left(\frac{du}{dv}\right)_p \left(\frac{dv}{du}\right)_t = 1$$

$$\text{oder } \frac{t\left(\frac{du}{dp}\right)_v}{t\left(\frac{du}{dp}\right)_t} + \frac{t\left(\frac{du}{dv}\right)_p}{t\left(\frac{du}{dv}\right)_t} = 1 \qquad \frac{-p\left(\frac{dv}{dt}\right)_u}{-p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p} + \frac{-p\left(\frac{dv}{du}\right)_t}{-p\left(\frac{dv}{du}\right)_p} = 1$$

$$\text{d. h. } \frac{Fv}{F_t} + \frac{L_p}{L_t} = 1 \tag{34}$$

$$\text{d. h. } \frac{\Phi_u}{\Phi_p} + \frac{\Lambda_t}{\Lambda_p} = 1 \tag{34*}$$

und aus (29) bis (32), mit Hinzufügung der Definitionen von C und Γ erhält man:

$$C_p = t\left(\frac{du}{dt}\right)_p \tag{35}$$

$$\Gamma_t = -p\left(\frac{dv}{dp}\right)_t \tag{35*}$$

$$C_v = t\left(\frac{du}{dt}\right)_v \tag{36}$$

$$\Gamma_u = -p\left(\frac{dv}{dp}\right)_u \tag{36*}$$

$$t\left(\frac{du}{dp}\right)_v = F_v = -t\left(\frac{dv}{dt}\right)_u \tag{37}$$

$$-p\left(\frac{dv}{dt}\right)_u = \Phi_u = p\left(\frac{du}{dp}\right)_v \tag{37*}$$

$$t\left(\frac{du}{dp}\right)_t = F_t = -t\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \tag{38}$$

$$-p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p = \Phi_p = p\left(\frac{du}{dp}\right)_t \tag{38*}$$

$$t\left(\frac{du}{dv}\right)_t = L_t = t\left(\frac{dp}{dt}\right)_v \qquad (39) \qquad -p\left(\frac{dv}{du}\right)_p = \Lambda_p = -p\left(\frac{dt}{dp}\right)_u \qquad (39^*)$$

$$t\left(\frac{du}{dv}\right)_p = L_p = t\left(\frac{dp}{dt}\right)_u \qquad (40) \qquad -p\left(\frac{dv}{du}\right)_t = \Lambda_t = -p\left(\frac{dt}{dp}\right)_v \qquad (40^*)$$

Aus diesen Gleichungen[1]) ersieht man, dass alle Capacitäten graphisch als Subtangenten, entsprechend ihrer Dimension, auf der entsprechenden Axe verzeichnet werden können. Dazu wähle man

für 35 und 36 die Coordinaten u, t	für 35* und 36* die Coordinaten v, p
» 37 » 38 » » v, t	» 37* » 38* » » u, p
» 39 » 40 » » p, t	» 39* » 40* » » t, p

Die L und Λ können auf derselben Zeichnung an ein und demselben Curvenpaare dargestellt werden, und zwar die L auf der Abscissen-, die Λ auf der Ordinatenaxe.

Unsere Gleichungen (15) bis (17) kann man noch folgendermaassen umschreiben, wenn man wiederum die (29) bis (33) verwerthet:

$$-p.F_v = C_v.\Lambda_t = -t.\Phi_u = -\Gamma_u.L_p \qquad (41)$$

$$-p.F_t = -C_p.\Lambda_p = -t.\Phi_p = \Gamma_t.L_t \qquad (42)$$

$$-p.C_p = L_p.\Phi_p \qquad (43) \qquad t.\Gamma_t = \Lambda_t.F_t \qquad (43^*)$$

wo unter (41) und (42) das die beiden Seiten verbindende Gleichheitszeichen uns unter jeder Zeile sechs Beziehungen liefert.

Uebersichtlicher mag folgende Form sein, nur sind die beiden Seiten nicht mehr einander gleich, sondern stehen im dualen Gegensatz, während in der dritten man wegen (42) ein verbindendes Gleichheitszeichen setzen darf:

Verhältnisse isobater Capacitäten:

$$\frac{C_v}{F_v} = \frac{-p}{\Lambda_t} \qquad (44) \qquad \frac{\Gamma_u}{\Phi_u} = \frac{t}{L_p} \qquad (44^*)$$

$$\frac{F_t}{L_t} = \frac{\Gamma_t}{-p} \qquad (45) \qquad \frac{\Phi_p}{\Lambda_p} = \frac{C_p}{t} \qquad (45^*)$$

$$\frac{L_p}{C_p} = \frac{-p}{\Phi_p} = -\frac{\Lambda_t}{\Gamma_t} = -\frac{t}{F_t} \qquad (46)$$

---

1) Von diesen Gleichungen findet man bei Maxwell «Theorie der Wärme», deutsch von Auerbach, Breslau 1877, nur vier in Form von Lehrsätzen als «thermodynamische Beziehungen» angeführt, und zwar sind das die Gleichungen (38), (40), dann (39) und als vierte (32). — In der Anmerkung (pag. 172) findet man als identisch mit den vier Lehrsätzen unsere Gleichungen (29) bis (32), jedoch ohne Angabe des Aenderungsweges, so dass 1 und 4, so wie 2 und 3 ganz identisch erscheinen.

Das verbindende Zeichen in letzter Zeile liefert:

$$F_t . L_p = -t . C_p \qquad (47) \qquad\qquad \Phi_p . \Lambda_t = p . \Gamma_t \qquad (47^*)$$

Ferner folgt aus (46) und (45*) sowie aus (46*) und (45):

$$\frac{-p}{L_p} = \frac{\Lambda_p}{t} \qquad\qquad \frac{t}{\Lambda_t} = -\frac{L_t}{p}$$

$$\text{woraus: } L_p . \Lambda_p = -p . t = \Lambda_t . L_t \qquad (48)$$

$$\text{und aus (41) und (42): } \frac{F_v}{\Phi_u} = \frac{t}{p} = \frac{F_t}{\Phi_p} \qquad (49)$$

und aus (41) (42), (19) und (21):

$$\frac{C_v}{\Gamma_u} = \frac{C_p}{\Gamma_t} = -\frac{L_t}{\Lambda_p} = -\frac{L_p}{\Lambda_t} \qquad (50)$$

Bildet man zu jeder Grösse in (49) und (50) den dualen Gegensatz, so resultiren keine neuen, sondern dieselben Gleichungen.

Auf Grund dieser Beziehungen, von denen jede einen Lehrsatz abgeben könnte, lassen sich noch einige sehr wichtige und interessante Folgerungen ziehen. Wir hatten

$$\text{Gl. (34): } \frac{L_p}{L_t} + \frac{F_v}{F_t} = 1 \qquad\qquad \text{Gl. (34*): } \frac{\Lambda_t}{\Lambda_p} + \frac{\Phi_u}{\Phi_p} = 1$$

Setzt man aus (44*) und (44)

$$L_p = \frac{\Phi_u . t}{\Gamma_u} \qquad\qquad \Lambda_t = -\frac{F_v . p}{C_v}$$
$$= \frac{F_v . p}{\Gamma_u} \qquad\qquad = -\frac{\Phi_u . t}{C_v}$$

und aus (45), resp. (45*)

$$L_t = -\frac{p . F_t}{\Gamma_t} \qquad\qquad \Lambda_p = \frac{t . \Phi_p}{C_p}$$

um nur F- und Γ-Grössen, resp. Φ- und C-Grössen, welche isotel und gleicher Dimension sind, zu erhalten, so kommt

$$-\frac{F_v}{\Gamma_u} \cdot \frac{\Gamma_t}{F_t} + \frac{F_v}{F_t} = 1 \qquad\qquad -\frac{\Phi_u}{C_v} \cdot \frac{C_p}{\Phi_p} + \frac{\Phi_u}{\Phi_p} = 1$$

folglich: $\frac{\Gamma_u - \Gamma_t}{\Gamma_u} = \frac{F_t}{F_v} = \frac{C_v - C_p}{C_v}$ folglich: $\frac{C_v - C_p}{C_v} = \frac{\Phi_p}{\Phi_u} = \frac{\Gamma_u - \Gamma_t}{\Gamma_u}$

wo die nebenbei hinzugefügten Werthe aus (19) sich ergeben. Beachtet man, dass nach (34) und (34*) auch

$$\frac{L_p}{L_t} = \frac{F_t - F_v}{F_t} \qquad \frac{\Lambda_t}{\Lambda_p} = \frac{\Phi_p - \Phi_u}{\Phi_p}$$

so kommt, alles zusammengestellt, folgendes:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{F_v - F_t}{F_v} = \frac{L_p}{L_p - L_t} = \frac{\Lambda_t}{\Lambda_t - \Lambda_p} = \frac{\Phi_u - \Phi_p}{\Phi_u} = \frac{\Gamma_t}{\Gamma_u} = 1 - K \qquad (51)$$

$$k - 1 = \frac{C_p - C_v}{C_v} = -\frac{F_t}{F_v} = \frac{L_t}{L_p - L_t} = \frac{\Lambda_p}{\Lambda_t - \Lambda_p} = -\frac{\Phi_p}{\Phi_u} = \frac{\Gamma_t - \Gamma_u}{\Gamma_u} = -K \qquad (52)$$

$$\frac{k-1}{k} = \frac{C_p - C_v}{C_p} = -\frac{F_t}{F_v - F_t} = \frac{L_t}{L_p} = \frac{\Lambda_p}{\Lambda_t} = -\frac{\Phi_p}{\Phi_u - \Phi_p} = \frac{\Gamma_t - \Gamma_u}{\Gamma_t} = \frac{K}{K-1} \qquad (53)$$

Da diese Gleichungen, unabhängig von der Aggregatform, ganz allgemein gelten und keinerlei Hypothese über die Körperbeschaffenheit aufgestellt worden ist, so dass nur der Satz von der Constanz der Energie zu Grunde liegt, so knüpfen wir noch eine Frage an. Sollte unter den vielen Gleichungen, die wir aus (51) bis (53) einzeln hinstellen können, ab und zu einmal der Zähler gleich dem Zähler der anderen Seite und mithin dann auch der Nenner gleich dem der anderen Seite werden? Solches findet nämlich thatsächlich bei Gasen statt, aber nur zwischen den C- und Φ-Capacitäten, die ja zugleich isotel sind.

Sucht man solche Relationen auf, die die C- und Φ-Coefficienten verbinden, so ergiebt sich aus (53): $C_p - C_v = C_p \cdot \frac{L_t}{L_p}$

und durch (46) und (48): $C_v - C_p = \frac{L_t}{p} \cdot \Phi_p = -\frac{t}{\Lambda_t} \cdot \Phi_p \qquad (54)$

für welche auch der duale Gegensatz besteht. — Wie man sieht, kann nur dann

$$C_v - C_p = \Phi_p$$

und dann gemäss (52) auch $C_v = \Phi_u$

werden, wenn, wie bei Gasen:

$$L_t = p \qquad \Lambda_t = -t$$

Diese Beziehung besagt, dass die innere Energie E eine Function der Temperatur allein sei, denn alsdann ist, wenn t constant gesetzt wird, allgemein

$$t\left(\frac{du}{dv}\right)_t = \left(\frac{dE}{dv}\right)_t + p \qquad -p\left(\frac{dv}{du}\right)_t = \left(\frac{dE}{du}\right)_t - t$$

da nun $\left(\frac{dE}{dv}\right)_t = 0$ sein soll — da $\left(\frac{dE}{du}\right)_t = 0$ sein soll

wird $t\left(\frac{du}{dv}\right)_t = L_t = p$ — wird $-p\left(\frac{dv}{du}\right)_t = \Lambda_t = -t$

Hieraus schliessen wir, dass bei allen Aggregatformen, wenn E eine reine Function von t ist, jene Vereinfachung eintritt. Aehnliche neue Beziehungen würden auch dann sich

ergeben, wenn die Energie eine Function eines einzigen, beliebigen anderen Parameters wäre.

Im Anschluss an das letzt Entwickelte erscheint es von Interesse, speciell für Gase die 12 Capacitäten zu berechnen. Zu solcher Berechnung kommt man bekanntlich nur auf Grund dreier Hypothesen, die als Annäherung an die Erfahrung zu betrachten sind, und zwar

1) die specifischen Wärmen C_p und C_v sind constant.
2) Die innere Energie ist bloss eine Function der Temperatur, $E = f(t)$ **(55)**
3) Es besteht die Gleichung $p.v = R.t$ **(56)**

Aus 1) und 3) folgt bekanntlich

$$p^{C_v} . v^{C_p} = u$$

Ferner giebt (33): $C_p - C_v = R$ **(58)**

Daraus berechnet man:

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_p = \frac{C_p}{t} \quad (59) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_t = -\frac{v}{p} \quad (59^*)$$

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_v = \frac{C_v}{t} \quad (60) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_u = -\frac{C_v}{C_p}\cdot\frac{v}{p} \quad (60^*)$$

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_v = \frac{R}{v} = \left(\frac{du}{dv}\right)_t \quad (61) \qquad \left(\frac{dt}{dp}\right)_u = \frac{v}{C_p} = \left(\frac{dv}{du}\right)_p \quad (61^*)$$

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_u = \frac{C_p}{v} = \left(\frac{du}{dv}\right)_p \quad (62) \qquad \left(\frac{dt}{dp}\right)_v = \frac{v}{R} = \left(\frac{dv}{du}\right)_t \quad (62^*)$$

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_u = -\frac{C_v}{p} = -\left(\frac{du}{dp}\right)_v \quad (63) \qquad \left(\frac{du}{dp}\right)_v = \frac{C_v}{p} = -\left(\frac{dv}{dt}\right)_u \quad (63^*)$$

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_p = \frac{R}{p} = -\left(\frac{du}{dp}\right)_t \quad (64) \qquad \left(\frac{du}{dp}\right)_t = -\left(\frac{R}{p}\right) = -\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \quad (64^*)$$

Hieraus erhält man in C- und Φ-Werthen, welche letztere der Hypothese 1) zufolge auch constant sind:

$$C_p = \Phi_u - \Phi_p = \text{const.} \quad (65) \qquad \Gamma_t = v \quad (65^*)$$

$$C_v = \Phi_u = \text{const.} \quad (66) \qquad \Gamma_u = \frac{\Phi_u}{\Phi_u - \Phi_p}\cdot v = \frac{C_v}{C_p}\cdot v = \frac{v}{k} \quad (66^*)$$

$$F_v = \frac{C_v}{C_p - C_v}\cdot v = -\frac{\Phi_u}{\Phi_p}\cdot v = \frac{v}{K} \quad (67) \qquad \Phi_u = C_v \quad (67^*)$$

$$F_t = -v \quad (68) \qquad \Phi_p = C_v - C_p \quad (68^*)$$

$$L_t = p \quad (69) \qquad \Lambda_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_u - \Phi_p}\cdot t = \frac{C_v - C_p}{C_p}\cdot t = -\frac{K}{K-1}\cdot t \quad (69^*)$$

$$L_p = \frac{C_p}{C_p - C_v}\cdot p = \frac{\Phi_p - \Phi_u}{\Phi_p}\cdot p = \frac{k}{k-1}\cdot p \quad (70) \qquad \Lambda_t = -t \quad (70^*)$$

Alle diese Ausdrücke gelten nur, wenn obige drei Hypothesen bestehen. Daher die specificirten Werthe keinen dualen Gegensatz offenbaren können; durch jede der drei Hypothesen wird dieses bedingt. Dem früher erwähnten Umstande ist es zuzuschreiben, dass die F und Γ Volumina, die L Drucke, die Λ Temperaturen sind. Zu erwarten wäre, dass die C und Φ Adiabaten seien, was sie der Dimension nach thatsächlich sind. Während aber die acht anderen Capacitäten proportional v, p und t auftreten, gelten die C und Φ für constant, was thatsächlich bei keinem Körper stattfindet.

Hier drängt sich die Frage auf, ob nicht vielleicht die specifische Wärme der sogenannten permanenten Gase auch proportional ihrer jeweiligen Adiabate sein dürfte. Nach Regnault's Versuchen sind diese Werthe bei constantem Druck nicht von der Temperatur abhängig erschienen, und daraus würde folgen, dass sie auch von der Adiabate unabhängig wären. Allein die Adiabate der Gase wächst nur sehr langsam mit der Temperatur. Ausserdem wurden die Versuche theils mit dem Wasser- theils mit dem Oelcalorimeter angestellt. Die Variation der specifischen Wärme von Wasser und Oel blieb hierbei unbeachtet, mithin konnten jene geringen Variationen nicht sich bemerkbar machen.

Abgesehen von den permanenten Gasen, haben alle Körper ohne Ausnahme, und auch die festen und flüssigen Substanzen, eine bei constantem Druck mit der Temperatur, folglich auch mit der Adiabate wachsende specifische Wärme. Es muss deshalb der Versuch gemacht werden eine Proportionalität mit der Adiabate anzusetzen und das Resultat der Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen. Dieser Untersuchung ist der II und III Abschnitt dieser Abhandlung gewidmet. Zuvor nehmen wir noch weitere allgemein für alle Aggregatformen geltende Entwickelungen vor.

4. Die innere Energie und die Energiecapacitäten.

Wir erschöpfen nach folgendem Schema die möglichen sechs Combinationen. Es ist allgemein, wenn z, y und x irgend welche Parameter vorstellen, und ζ, η und ξ ihre Gegensätze:

$$\frac{dQ}{dz} = \left\{\left(\frac{dE}{dx}\right)_y dx + \left(\frac{dE}{dy}\right)_x dy + p\left(\frac{dv}{dx}\right)_y dx + p\left(\frac{dv}{dy}\right)_x dy\right\} : dz$$

$$\frac{dS}{d\zeta} = \left\{\left(\frac{dE}{d\xi}\right)_\eta d\xi + \left(\frac{dE}{d\eta}\right)_\xi d\eta - t\left(\frac{du}{d\xi}\right)_\eta d\xi - t\left(\frac{du}{d\eta}\right)_\xi d\eta\right\} : d\zeta$$

Da die C-Grössen nur bei constantem p und v zu untersuchen sind, und analog die F nur bei const. v und t, die L bei const. t und p, so ist vorstehend der Reihe nach

Da die Γ-Grössen nur bei constantem t und u zu untersuchen sind, und analog die Φ nur bei const. u und p, die Λ bei const. p und t, so ist vorstehend der Reihe nach

für z	y	x
t	p	v
p	v	t
v	t	p

zu setzen.

Somit erhalten wir:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\left(\frac{dE}{dp}\right)_v dp + \left\{\left(\frac{dE}{dv}\right)_p + p\right\} dv}{\left(\frac{dt}{dp}\right)_v dp + \left(\frac{dt}{dv}\right)_p dv} \quad (71)$$

$$\text{folglich } C_p = \frac{\left(\frac{dE}{dv}\right)_p + p}{\left(\frac{dt}{dv}\right)_p}$$

$$= \left(\frac{dE}{dt}\right)_p + p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p \quad (72)$$

$$\text{und } C_v = \left(\frac{dE}{dp}\right)_v \left(\frac{dp}{dt}\right)_v$$

$$= \left(\frac{dE}{dt}\right)_v \quad (73)$$

$$\text{also } dQ = C_v\left(\frac{dt}{dp}\right)_v dp + C_p\left(\frac{dt}{dv}\right)_p dv \quad (74)$$

$$\text{und auch } dQ = F_v . dp + L_p . du \quad (75)$$

$$\text{Ferner: } \frac{dQ}{dp} = \frac{\left\{\left(\frac{dE}{dv}\right)_t + p\right\} dv + \left(\frac{dE}{dt}\right)_v dt}{\left(\frac{dp}{dv}\right)_t dv + \left(\frac{dp}{dt}\right)_v dt} \quad (76)$$

$$\text{folglich } F_v = \frac{\left(\frac{dE}{dt}\right)_v}{\left(\frac{dp}{dt}\right)_v}$$

$$= \left(\frac{dE}{dp}\right)_v \quad (77)$$

$$\text{und } F_t = \frac{\left(\frac{dE}{dv}\right)_t + p}{\left(\frac{dp}{dv}\right)_t}$$

$$= \left(\frac{dE}{dp}\right)_t + p\left(\frac{dv}{dp}\right)_t \quad (78)$$

für ζ	η	ξ
p	t	u
t	u	p
u	p	t

zu setzen.

Somit erhalten wir:

$$\frac{dS}{dp} = \frac{\left(\frac{dE}{dt}\right)_u dt + \left\{\left(\frac{dE}{du}\right)_t - t\right\} du}{\left(\frac{dp}{dt}\right)_u dt + \left(\frac{dp}{du}\right)_t du} \quad (71^*)$$

$$\text{folglich } \Gamma_t = \frac{\left(\frac{dE}{du}\right)_t - t}{\left(\frac{dp}{du}\right)_t}$$

$$= \left(\frac{dE}{dp}\right)_t - t\left(\frac{du}{dp}\right)_t \quad (72^*)$$

$$\text{und } \Gamma_u = \left(\frac{dE}{dt}\right)_u \left(\frac{dt}{dp}\right)_u$$

$$= \left(\frac{dE}{dp}\right)_u \quad (73^*)$$

$$\text{also } dS = \Gamma_u\left(\frac{dp}{dt}\right)_u dt + \Gamma_t\left(\frac{dp}{du}\right)_t du \quad (74^*)$$

$$\text{und auch } dS = \Phi_u . dt + \Lambda_t . du \quad (75^*)$$

$$\text{Ferner: } \frac{dS}{dt} = \frac{\left\{\left(\frac{dE}{du}\right)_p - t\right\} du + \left(\frac{dE}{dp}\right)_u dp}{\left(\frac{dt}{du}\right)_p du + \left(\frac{dt}{dp}\right)_u dp} \quad (76^*)$$

$$\text{folglich } \Phi_u = \frac{\left(\frac{dE}{dp}\right)_u}{\left(\frac{dt}{dp}\right)_u}$$

$$= \left(\frac{dE}{dt}\right)_u \quad (77^*)$$

$$\text{und } \Phi_p = \frac{\left(\frac{dE}{du}\right)_p - t}{\left(\frac{dt}{du}\right)_p}$$

$$= \left(\frac{dE}{dt}\right)_p - t\left(\frac{du}{dt}\right)_p \quad (78^*)$$

$$\text{also } dQ = F_t\left(\frac{dp}{dv}\right)_t dv + F_v\left(\frac{dp}{dt}\right)_v dt \quad (79) \qquad \text{also } dS = \Phi_p\left(\frac{dt}{du}\right)_p du + \Phi_u\left(\frac{dt}{dp}\right)_u dp \quad (79^*)$$

$$\text{und auch } dQ = L_t . dv + C_v . dt \quad (80) \qquad \text{und auch } dS = \Lambda_p . du + \Gamma_u . dp \quad (80^*)$$

$$\frac{dQ}{dv} = \frac{\left\{\left(\frac{dE}{dt}\right)_p + p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p\right\}dt + \left\{\left(\frac{dE}{dp}\right)_t + p\left(\frac{dv}{dp}\right)_t\right\}dp}{\left(\frac{dv}{dt}\right)_p dt + \left(\frac{dv}{dp}\right)_t dp} \quad (81) \qquad \frac{dS}{dv} = \frac{\left\{\left(\frac{dE}{dp}\right)_t - t\left(\frac{du}{dp}\right)_t\right\}dp + \left\{\left(\frac{dE}{dt}\right)_p - t\left(\frac{du}{dt}\right)_p\right\}dt}{\left(\frac{du}{dp}\right)_t dp + \left(\frac{du}{dt}\right)_p dt} \quad (81^*)$$

$$\text{folglich } L_t = \frac{\left(\frac{dE}{dp}\right)_t + p\left(\frac{dv}{dp}\right)_t}{\left(\frac{dv}{dp}\right)_t} \qquad \text{folglich } \Lambda_p = \frac{\left(\frac{dE}{dt}\right)_p - t\left(\frac{du}{dt}\right)_p}{\left(\frac{du}{dt}\right)_p}$$

$$= \left(\frac{dE}{dv}\right)_t + p \quad (82) \qquad = \left(\frac{dE}{du}\right)_p - t \quad (82^*)$$

$$\text{und } L_p = \frac{\left(\frac{dE}{dt}\right)_p + p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p}{\left(\frac{dv}{dt}\right)_p} \qquad \text{und } \Lambda_t = \frac{\left(\frac{dE}{dp}\right)_t - t\left(\frac{du}{dp}\right)_t}{\left(\frac{du}{dp}\right)_t}$$

$$= \left(\frac{dE}{dv}\right)_p + p \quad (83) \qquad = \left(\frac{dE}{du}\right)_t - t \quad (83^*)$$

$$\text{also } dQ = L_p\left(\frac{dv}{dt}\right)_p dt + L_t\left(\frac{dv}{dp}\right)_t dp \quad (84) \qquad \text{also } dS = \Lambda_t\left(\frac{du}{dp}\right)_t dp + \Lambda_p\left(\frac{du}{dt}\right)_p dt \quad (84^*)$$

$$\text{und auch } dQ = C_p . dt + F_t . dp \quad (85) \qquad \text{und auch } dS = \Gamma_t . dp + \Phi_p . dt \quad (85^*)$$

Die Gleichungen (15) bis (17) auf Seite 10 waren dort aus der Definition der Capacitäten hergeleitet, hier treten dieselben Beziehungen ebenso einfach hervor.

Ordnen wir aus vorstehender Entwickelung die Energiecoefficienten, so kommt, für jede Aggregatform:

Innere Energiecoefficienten:

$$\left(\frac{dE}{du}\right)_v = t \text{ nach } (7^*) \quad (86) \qquad \left(\frac{dE}{dv}\right)_u = -p \text{ nach } (7) \quad (86^*)$$

$$\left(\frac{dE}{du}\right)_p = t + \Lambda_p \quad (87) \qquad \left(\frac{dE}{dv}\right)_t = -p + L_t \quad (87^*)$$

$$\left(\frac{dE}{du}\right)_t = t + \Lambda_t \quad (88) \qquad \left(\frac{dE}{dv}\right)_p = -p + L_p \quad (88^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_v = C_v \quad (89) \qquad \left(\frac{dE}{dp}\right)_u = \Gamma_u \quad (89^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_p = C_p + \Phi_p \qquad (90) \qquad\qquad \left(\frac{dE}{dp}\right)_t = \Gamma_t + F_t \qquad (90^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_u = \Phi_u \qquad (91) \qquad\qquad \left(\frac{dE}{dp}\right)_v = F_v \qquad (91^*)$$

Unter vorstehenden Grössen ist mir unter speciellem Namen nur eine begegnet, das ist die unter (87*) aufgeführte, die Hirn mit «innerer Pressung» des Körpers benennt. Gleichung (86) und (86*) findet man bei Maxwell. (l. c. pag. 199).

5. Freie, gebundene, totale und verlorene Energie.

In einer Reihe von Abhandlungen hat Helmholtz[1]) kürzlich eine Function eingeführt, die er «freie Energie» nennt, ein Ausdruck, der schon früher unter demselben Namen bei Maxwell[2]) vorkommt, und eingehend, wie Helmholtz in seiner III. Abhandlung mittheilt, von Massieu[3]) und Gibbs[4]) zuerst studirt worden ist. In wie weit diese Terminologie berechtigt ist, darüber ist es nicht leicht abzuurtheilen. Ich bekenne, dass ich meinerseits der Helmholtz'schen Argumentation nicht ganz beipflichten kann. Indess behalten die theoretischen Formeln ihren Werth, auch wenn es sich zeigen sollte, dass die Deutung der bezüglichen Functionen Veränderungen erleiden sollte. Den Helmholtzschen Formeln liegt es nahe den dualen Gegensatz gegenüberzustellen, wie solches nachstehend geschieht. Helmholtz weist in seiner dritten Abhandlung darauf hin, dass schon 1876 Massieu dieselbe Function behandelt habe, dass aber nicht dieselbe Deutung dort gegeben sei. Bei Massieu fand ich nun auch die von mir als Gegensatz aufgestellten Functionen zum grossen Theil wieder, wodurch aber die nachfolgende Darstellung nicht überflüssig wird. Schon die von Massien gewählten Buchstaben zeigen, dass er nach gar keinen Gegensätzen gesucht hat. Gerade in der umfassenden Abhandlung Massieu's vermisst man eine systematische Anordnung und, wie ich meine, auch eine ausreichende Bezeichnungsweise, da z. B. die constant bleibenden Parameter immer nur mit Worten in einer Ueberschrift bezeichnet werden. Treten in solch einem Abschnitte mehrere früher genannte Coefficienten auf, so muss der Leser sich der Bedingung erinnern, die bei Einführung des Buchstabens angegeben war. Das kleinste Versehen in dieser Hinsicht bringt ganz beträchtliche Fehler hervor.

Nachstehend folgen links die Helmholtz'schen Ansätze, denen rechts der duale Gegensatz gegenübersteht:

---

1) Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1882. I. p. 22. II, p. 825, 1883. I. p. 647.

2) Maxwell, «Theorie der Wärme», deutsch von Auerbach. 1877. pag. 193.

3) F. Massieu, «Mémoire sur les fonctions caractéristiques des divers fluides et sur la théorie des vapeurs». in Mém. prés. p. div. savants à l'Acad. des sciences de l'institut de France. 1876. Tome XXII, pag. 67—92.

4) J. W. Gibbs, in Transactions of the Connecticut Academy. 1873. Vol. II. pag. 382 — 404. 1876. Vol. III. pag. 108—248 und 343—520.

$$\frac{dQ}{t} = du = \left(\frac{du}{dt}\right)_v dt + \left(\frac{du}{dv}\right)_t dv \qquad \frac{dS}{p} = -dv = -\left(\frac{dv}{dp}\right)_u dp - \left(\frac{dv}{du}\right)_p du$$

$$= \frac{1}{t}\left(\frac{dE}{dt}\right)_v dt + \frac{1}{t}\left(\frac{dE}{dv}\right)_t dv + \frac{p\,dv}{t} \qquad = \frac{1}{p}\left(\frac{dE}{dp}\right)_u dp + \frac{1}{p}\left\{\left(\frac{dE}{du}\right)_p - t\right\} du$$

folglich $\left(\frac{du}{dt}\right)_v = \frac{1}{t}\left(\frac{dE}{dt}\right)_v$ **(92)** folglich $\left(\frac{dv}{dp}\right)_u = -\frac{1}{p}\left(\frac{dE}{dp}\right)_u$ **(92*)**

und $\left(\frac{du}{dv}\right)_t = \frac{1}{t}\left\{\left(\frac{dE}{dv}\right)_t + p\right\}$ **(93)** und $\left(\frac{dv}{du}\right)_p = -\frac{1}{p}\left\{\left(\frac{dE}{du}\right)_p - t\right\}$ **(93*)**

Letztere Gleichungen hätten wir direkt ansetzen können gemäss (87*) und (87). Nach p, resp. t aufgelöst kommt:

$$p = \left\{\frac{d(t.u-E)}{dv}\right\}_t \quad \textbf{(94)} \qquad t = \left\{\frac{d(p.v+E)}{du}\right\}_p \quad \textbf{(94*)}$$

Setzt man $\mathfrak{F} = E - t.u$ Setzt man $\mathfrak{T} = E + p.v$

und $\mathfrak{G} = t.u$ und $\mathfrak{V} = -p.v$

so folgt aus (94) und (94*)

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_t = -p \quad \textbf{(95)} \qquad \left(\frac{d\mathfrak{T}}{du}\right)_p = t \quad \textbf{(95*)}$$

und $\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dt}\right)_v = -u$ **(96)** und $\left(\frac{d\mathfrak{T}}{dp}\right)_u = v$ **(96*)**

weil nach (92) $\left(\frac{dE}{dt}\right)_v - t\left(\frac{du}{dt}\right)_v = 0$ weil nach (92*) $\left(\frac{dE}{dp}\right)_u + p\left(\frac{dv}{dp}\right)_u = 0$

Ferner ist $d\mathfrak{G} = tdu + udt = dQ + udt$ **(97)** $d\mathfrak{V} = -pdv - vdp = dS - vdp$ **(97*)**

$d\mathfrak{F} = -pdv - udt = dS - udt$ **(98)** $d\mathfrak{T} = tdu + vdp = dQ + vdp$ **(98*)**

$dE = d\mathfrak{F} + d\mathfrak{G} = dQ + dS$ **(99)** $dE = d\mathfrak{T} + d\mathfrak{V} = dS + dQ$ **(99*)**

$E_1 - E_0 = \mathfrak{F}_1 - \mathfrak{F}_0 + \mathfrak{G}_1 - \mathfrak{G}_0 = Q + S$ **(100)** $E_1 - E_0 = \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0 + \mathfrak{V}_1 - \mathfrak{V}_0 = S + Q$ **(100*)**

Helmholtz nennt die Function $\mathfrak{F}$ «freie Energie», weil nach (95) mit der Aenderung des Volumens bei constanter Temperatur das Potenzial sich ergiebt (was in unseren vereinfachten Voraussetzungen dem Druck p entspricht). Daraus schliesst er weiter, dass $\mathfrak{G} = E - \mathfrak{F}$ «gebundene Energie» genannt werden könne. Diese

Nennen wir $\mathfrak{T}$ die «totale Energie» des Körpers, $\mathfrak{V}$ seine «verlorene Energie», so ergiebt sich zunächst bei constantem Druck das Anwachsen von $\mathfrak{T}$ um dQ nach (98*), während dS der Aussenwelt abgegeben wird nach (97*), so dass $\mathfrak{V}$, eine stets negative Grösse, noch um dS vermehrt wird (wenn dv positiv ist). Steigt aber der

letztere wachse (nach 97) stets um dQ und um den Werth udt, während die freie Energie um dS wächst, und um jenen Werth udt abnehme.

Nach Helmholtz's Wortlaut:

«Bei allen isothermen Veränderungen, wo $dt = 0$, wird Arbeit nur auf Kosten der freien Energie geleistet. Die gebundene ändert sich dabei auf Kosten der ein- oder austretenden Wärme.»

Und weiter nach Helmholtz:

«Bei allen isentropischen Veränderungen, wo $dQ = 0$, wird Arbeit erzeugt auf Kosten der freien, wie der gebundenen Energie.»

«In allen anderen Fällen kann man die Sache so ansehen, dass alle äussere Arbeit auf Kosten der freien Energie geliefert wird, alle Wärmeabgabe auf Kosten der gebundenen, und endlich bei jeder Temperatursteigerung im Systeme freie Energie im Betrage $u.dt$ in gebundene übergeht.»

Druck um dp, so wächst $\mathfrak{V}$ (negativ gedacht) noch um vdp, während $\mathfrak{T}$ um vdp zunimmt.

Und dem analog:

Bei allen isobaren Aenderungen, wo $dp = 0$, wird Wärme nur auf Kosten der totalen Energie geliefert. Die verlorene ändert sich dabei auf Kosten der abgegebenen oder zugeführten Arbeit.

Und analog:

Bei allen isometrischen Veränderungen, wo $dS = 0$, wird Wärme erzeugt auf Kosten der totalen, wie der verlorenen Energie.

In allen andern Fällen kann man die Sache so ansehen, dass alle Wärme auf Kosten der totalen Energie geliefert wird, alle äussere Arbeit auf Kosten der verlorenen, und endlich bei jeder Druckänderung im Systeme totale Energie im Betrage $-v.dp$ in verlorene übergeht.

Ausser den genannten Functionen findet man bei Gibbs noch eine, die, gleich wie E, mit ihrem Gegensatz identisch ist, nämlich

$$\mathfrak{N} = E - t.u + p.v \qquad (101)$$

Sie steht in einfacher Beziehung zu den vier anderen, indem:

$$E - \mathfrak{N} = \mathfrak{G} + \mathfrak{V} \qquad (102)$$

$$E + \mathfrak{N} = \mathfrak{F} + \mathfrak{T} \qquad (103)$$

Diese Function $\mathfrak{N}$ verwerthet Gibbs mehrfach bei Einführung neuer Parameter.

Die Bezeichnung «freie Energie» begründet Helmholtz folgendermassen: «Die Function $\mathfrak{F}$ fällt für isotherme Veränderungen mit dem Werthe der potentiellen Energie für die unbeschränkt verwandelbaren Arbeitswerthe zusammen (weil $\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_t = -p$)». «Ich (Helmholtz) schlage deshalb vor, diese Grösse die «freie Energie des Körpers» zu nennen, und da E die gesammte innere Energie ist, so könnte man $\mathfrak{G}$ die «gebundene Energie»

nennen. Diese Argumentation will mir nicht ganz überzeugend erscheinen, insofern ich die Nothwendigkeit der beigefügten Bedingung, dergemäss die Aenderung auf isothermem Wege geschehen müsse, nicht erkennen kann. Liesse man diese Bedingung fallen, so gäbe es viele andere Functionen, deren Differentialquotient nach v gleich $-p$ wird, wie z. B. E, da $\left(\frac{dE}{dv}\right)_u = -p$, hier muss der Process adiabatisch sein; ferner $\mathfrak{W}$, da $\left(\frac{d\mathfrak{W}}{dv}\right)_p = -p$; hier muss der Druck constant bleiben. — Gegen die Bezeichnung «gebundene Energie» spricht wohl auch deren Umwandelbarkeit in Arbeit, da bei adiabatischem Processe $d\mathfrak{W} = udt$ in äussere Arbeit übergeht. Wenn hier der äussere Druck allmählig nachlässt, sinkt t, also ist dt negativ.

Aehnlich liesse sich gegen die «totale» und «verlorene Energie» argumentiren, da, wenn $dS = 0$ ist, die Aussenwelt nur Wärme spendet, wodurch p anwächst. Es kann eben $p.v$ nur insofern verlorene Energie heissen, als man den Körper bei constantem Druck — also auf einem bestimmten Wege — vom Anfangsvolumen auf den Betrag v gebracht denkt.

Die vorstehend angewandte Terminologie ist also nur unter sehr beschränkenden Voraussetzungen motivirt. Etwas anders scheint Maxwell den Begriff «freie Energie» für eben dieselbe Function $E - t.u$ zu begründen, indem beim Anwachsen der inneren Energie von E_0 auf E_1 der Betrag $t\ (u_1 - u_0)$ als Wärme abgegeben werden muss, deshalb von ihm $E_1 - E_0 - t.\ (u_1 - u_0)$ mit «*available energy*» bezeichnet wird, was Auerbach mit «freier Energie» wiedergegeben hat. Aber auch hier ist die Deduction an die Bedingung geknüpft, dass die Umgebung die constante Temperatur t behalte.

An die Definition der neueingeführten Functionen knüpft Helmholtz eine neue Auffassung der «Entropie», gegen welche ich mir einige Einwendungen erlauben möchte:

Er schlägt vor, die geordnete Bewegung von der ungeordneten zu unterscheiden, und nennt in diesem Sinne das «Maass von Unordnung» Entropie. Für jene von Helmholtz wohldefinirte «ungeordnete Bewegung» besassen wir längst, seit der genialen Clausius'schen Gastheorie, den Namen «Tumult» oder «tumultuarische Bewegung». Letztere ergiebt jedenfalls eine Energieform, aber keinenfalls die Entropie oder Adiabate, da schon die Dimension der letzteren eine andere, und mithin der gesammte Begriff ein ganz anderer ist. Es liesse sich höchstens die «gebundene Energie» mit jenem Tumult in Beziehung setzen, und dann käme auch u in Betracht, keinenfalls aber dürfte jenes Maass von Unordnung mit dem Begriff von u sich decken. Mir scheint es, bei der Schwierigkeit des Begriffes der Adiabate, doch geboten, von der Constanz des entsprechenden Parameters auszugehen und den Begriff desselben, wie oben geschah, als eine bestimmte Mannigfaltigkeit von Zuständen — nämlich die adiabatische — zu denken. Zur Darstellung des Begriffes gehört aber auch ein Messen seines absoluten Werthes, sowie des Wachsthums jener Grösse, und da gab es nur die Möglichkeit einer indirecten Werthermittelung durch das Integral $\int\frac{dQ}{t}$, wodurch man offenbar nie zu einer absoluten Auswerthung gelangt, wie solches doch von der Adiabate ebenso gut, wie von

den drei anderen Hauptparametern eines Körpers verlangt werden muss. Dass solches bisher als unmöglich erschien, das war nur eine Folge der Hypothesen, die man aufstellte und aufrecht erhielt, trotz allen Widersprüchen mit der Erfahrung. Es ist eben die Annahme des Gay-Lussac'schen Gesetzes für Gase und die Annahme der Constanz der specifischen Wärme der Körper aller Aggregatform, d. h. zwei Annahmen, denen kein einziger Körper in seinem Verhalten entspricht, d. h. also die Annahme von Gesetzen, die garnicht bestehen, die hat zur Schlussfolgerung geführt, es sei beim absoluten Nullpunkt der Temperatur die Adiabate oder Entropie $= -\infty$. Und hieraus ist der Schluss gezogen worden, man könne deshalb keinen Körper seines gesammten Wärmeinhaltes berauben. Mag sein, dass letzteres wahr sei. Thut man letzteres aber auch nur in der Vorstellung, oder nimmt man nur an, dass irgendwo im Weltall sich ein Körper in absoluter Bewegungslosigkeit befinde, so wäre nach der gangbaren Theorie dessen Entropie $= -\infty$ und damit trotz der Kleinheit seiner Masse die gesammte «Entropie der Welt» vernichtet. Hypothesen, die solche Consequenzen mitbringen, scheinen mir sehr bedenklich zu sein. Rationeller wäre eine Hypothese, welcher gemäss bei noch so niedriger Temperatur und noch so geringem Druck die Adiabate oder Entropie eben so wie das Volumen nie negativ werden kann. Wir kommen hierauf im II. und III. Abschnitte zurück.

Ein erneutes Studium der Wärmecapacität wird hoffentlich das Wesen der Adiabate in ein neues Licht setzen. Ich errinnere nochmals daran, dass wir das Volumen eines Körpers, streng genommen, nicht unmittelbar empfinden, sondern zunächst den Wiederstand, also den Druck, und in dem Maasse, als der Druck nachlässt, empfinden wir auch den Raum. Analog besitzen wir neben dem Tastsinn das Wärmegefühl. Schon dieser letztere Ausdruck lehrt, dass wir eine Energieform empfinden, streng genommen aber ihre beiden Factoren t und u, wie dort beim Tastgefühl p und v. Wir empfinden mit der Hand die Temperatur eines Körpers, und bei vorhandenem Temperaturunterschiede den Wärmeaustausch, hiermit zugleich die Wärmecapacität des Körpers, richtiger gesprochen, die Aenderung seiner Adiabate oder Entropie. Die letztere steigt um so rascher, je niedriger die Temperatur des Körpers, sowie beim Tasten das Volumen um so schneller abnimmt, je niedriger der vorhandene Druck[1]).

---

1) Anm. Um diese Analogie durchzuführen, muss die Leitungsfähigkeit ohne Einfluss gedacht, oder einfacher, sie muss unendlich gross angesetzt werden, wie solches beim Umrühren einer Flüssigkeit realisirt wird. — Eigenthümlich empfinden wir den Raum, wenn wir die Bedingung zulassen, dass der Körper verdrängt werde. Beim Eintauchen der Hand in Quecksilber bringen wir uns z. B. den allmählig wachsenden Druck p zum Bewusstsein, ferner das verdrängte Volum, sowie auch die Arbeit $\int_{v_0}^{v_1} p dv$. — Ich finde in diesem Falle keine Analogie für den Wärmesinn, da, wie mir scheint, ein analoges Verdrängen der Adiabate nicht gedacht werden kann.

Die hier erörterte Frage steht in naher Beziehung zu einer Ausdrucksweise von Clausius, gegen welche ich seinerzeit mich ausgesprochen habe (Pogg. Ann. Ergnzgsb. VII, p. 83). Ich hatte geäussert, Clausius' Bezeichnung «Wärme von einer Temperatur» sei ein bedenklicher Ausdruck, denn das wäre «eine lebendige Kraft von einer lebendigen Kraft anderer Art, was zu keiner klaren Vorstellung führt». Dagegen hat Hr. Clausius geltend gemacht, (Pogg. Ann. Bd. 159. p. 382) dass, «wenn in einem Falle wenige Atome sich so bewe-

Nachstehend finden wir alle Differentialquotienten der genannten Functionen beisammen, Ausdrücke, die man durch Differentiation jener Functionen unter Benutzung der früher aufgestellten Beziehungen findet. Für jede Function giebt es offenbar zwölf partielle Differentialquotienten:

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dt}\right)_u = \Phi_u - u \qquad (104) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dp}\right)_v = F_v + v \qquad (104^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_u = -p + \frac{u.t}{F_v} \qquad (105) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{du}\right)_v = t + \frac{p.v}{\Phi_u} \qquad (105^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dp}\right)_u = \Gamma_u - \frac{u.t}{L_p} \qquad (106) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dt}\right)_v = C_v + \frac{p.v}{\Lambda_t} \qquad (106^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_t = -p \qquad (107) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{du}\right)_p = t \qquad (107^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dp}\right)_t = \Gamma_t \qquad (108) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dt}\right)_p = C_p \qquad (108^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{du}\right)_t = \Lambda_t \qquad (109) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dv}\right)_p = L_p \qquad (109^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dp}\right)_v = -\frac{u.t}{L_t} \qquad (110) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dt}\right)_u = -\frac{p.v}{\Lambda_p} \qquad (110^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{du}\right)_v = -\frac{u.t}{C_v} \qquad (111) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dv}\right)_u = -\frac{p.v}{\Gamma_u} \qquad (111^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dt}\right)_v = -u \qquad (112) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dp}\right)_u = v \qquad (112^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{du}\right)_p = \Lambda_p - \frac{u.t}{C_p} \qquad (113) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{Z}}{dv}\right)_t = L_t - \frac{p.v}{\Gamma_t} \qquad (113^*)$$

---

gen, dass jedes Atom eine verhältnissmässig grosse lebendige Kraft hat, und in einem anderen Falle viele Atome sich so bewegen, dass jedes Atom eine verhältnissmässig kleine lebendige Kraft hat, dann die gesammte lebendige Kraft aller Atome in beiden Fällen gleich sein kann, während doch die Art der Bewegung offenbar verschieden ist. Wenn ich (Clausius) nun die eine Bewegung als Wärme von höherer Temperatur und die andere als Wärme von niederer Temperatur bezeichne, so glaube ich nicht, dass von dieser Unterscheidung mit Recht gesagt werden kann, es lasse sich mit ihr keine klare Vorstellung verbinden».

Gegen diese Darstellung der Hrn. Clausius mache ich geltend, dass so einfach und klar der Zustand der beiden Körper beschrieben ist, dennoch die am Schluss gegebene Ausdrucksweise mir unstatthaft erscheint, weil ein leicht verständliches Verhalten zwar kurz aber, wie ich meine, nicht richtig bezeichnet wird. Im vorliegenden Beispiel haben eben die beiden Körper verschiedene Temperatur und beide Körper enthalten die gleiche Wärmemenge; aber eben die Körper, und nicht die Wärmemengen haben eine Temperatur. Der Ausdruck «Wärme von einer Temperatur» wäre erst dann berechtigt, wenn die Energie, ihrem ganzen Betrage nach, eine Temperatur haben könnte. Nehmen wir dem Körper Wärme weg, so dass derselbe kälter wird, so ist die nachbleibende Energie ein Rest der ersten. Der obige Ausdruck wäre erst dann correct, wenn alle im Körper vorhandene Wärme eine Temperatur hätte. — Wenn Herrn Clausius Ausdruck berechtigt wäre, so gäbe es auch «Wärme von einer Entropie und Arbeit von einem Druck sowie Arbeit von einem Volumen, zu welch letzteren sich leicht Beispiele analog dem obigen, fingiren liessen. Ich halte alle diese Ausdrücke für genau ebenso incorrect und unberechtigt, wie die «Wärme von einer Temperatur».

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dt}\right)_p = \Phi_p - u \qquad (114)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_p = -p + \frac{u.t}{F_t} \qquad (115)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dt}\right)_u = u \qquad (116)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dv}\right)_u = -\frac{u.t}{F_v} \qquad (117)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dp}\right)_u = \frac{u.t}{L_p} \qquad (118)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dv}\right)_t = L_t \qquad (119)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dp}\right)_t = F_t \qquad (120)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{du}\right)_t = t \qquad (121)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dp}\right)_v = F_v + \frac{u.t}{L_t} \qquad (122)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{du}\right)_v = t + \frac{u.t}{C_v} \qquad (123)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dt}\right)_v = u + C_v \qquad (124)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{du}\right)_p = t + \frac{u.t}{C_p} \qquad (125)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dt}\right)_p = u + C_p \qquad (126)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{G}}{dv}\right)_p = L_p - \frac{u.t}{F_t} \qquad (127)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{E}}{dp}\right)_t = F_t + v \qquad (114^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{E}}{dv}\right)_t = t + \frac{p.v}{\Phi_p} \qquad (115^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dp}\right)_v = -v \qquad (116^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{du}\right)_v = -\frac{p.v}{\Phi_u} \qquad (117^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dt}\right)_v = \frac{p.v}{\Lambda_t} \qquad (118^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{du}\right)_p = \Lambda_p \qquad (119^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dt}\right)_p = \Phi_p \qquad (120^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dv}\right)_p = -p \qquad (121^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dt}\right)_u = \Phi_u + \frac{p.v}{\Lambda_p} \qquad (122^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dv}\right)_u = -p + \frac{p.v}{\Gamma_u} \qquad (123^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dp}\right)_u = -v + \Gamma_u \qquad (124^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dv}\right)_t = -p + \frac{p.v}{\Gamma_t} \qquad (125^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{dp}\right)_t = -v + \Gamma_t \qquad (126^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{B}}{du}\right)_t = \Lambda_t - \frac{p.v}{\Phi_p} \qquad (127^*)$$

Die Gleichungen (86) bis (91) gestatten leicht eine Verification der vorstehenden 48 Gleichungen. Für die Gibbs'sche Function $\mathfrak{N}$, die, wie erwähnt, sich selbst entgegengesetzt ist, finden wir:

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{dt}\right)_u = -u - \frac{p.v}{\Lambda_p} \qquad (128)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{dv}\right)_u = \frac{u.t}{F_v} - \frac{p.v}{\Gamma_u} \qquad (129)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{dp}\right)_u = -\frac{u.t}{L_p} + v \qquad (130)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{dp}\right)_v = v - \frac{u.t}{L_t} \qquad (128^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{du}\right)_v = \frac{p.v}{\Phi_u} - \frac{u.t}{C_v} \qquad (129^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{N}}{dt}\right)_v = -\frac{p.v}{\Lambda_t} - u \qquad (130^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{R}}{dv}\right)_t = -\frac{p.v}{\Gamma_t} \qquad (131) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{R}}{du}\right)_p = -\frac{u.t}{C_p} \qquad (131^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{R}}{dp}\right)_t = v \qquad (132) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{R}}{dt}\right)_p = -u \qquad (132^*)$$

$$\left(\frac{d\mathfrak{R}}{du}\right)_t = \frac{p.v}{\Phi_p} \qquad (133) \qquad \left(\frac{d\mathfrak{R}}{dv}\right)_p = \frac{u.t}{F_t} \qquad (133^*)$$

Aus allen vorstehend entwickelten Beziehungen heben wir folgende besonders einfach gestaltete heraus: Zunächst wiederholen wir

$$E + \mathfrak{R} = \mathfrak{F} + \mathfrak{T}$$
$$E - \mathfrak{R} = \mathfrak{G} + \mathfrak{V}$$
$$\mathfrak{R} = E - t.u + p.v$$

$$\mathfrak{F} = E - t.u \qquad \mathfrak{T} = E + p.v$$
$$\mathfrak{G} = t.u \qquad \mathfrak{V} = -p.v$$

und für die vier Parameter, sowie sechs Energie- und sechs Ergalcapacitäten kam:

$$u = -\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dt}\right)_v \qquad (134) \qquad v = \left(\frac{d\mathfrak{T}}{dp}\right)_u \qquad (134^*)$$

$$u = \left(\frac{d\mathfrak{G}}{dt}\right)_u \qquad (135) \qquad v = -\left(\frac{d\mathfrak{V}}{dp}\right)_v \qquad (135^*)$$

$$u = -\left(\frac{d\mathfrak{R}}{dt}\right)_p \qquad (136) \qquad v = \left(\frac{d\mathfrak{R}}{dp}\right)_t \qquad (136^*)$$

$$u = \frac{dO}{dt} \qquad (137) \qquad v = \frac{dR}{dp} \qquad (137^*)$$

$$t = \left(\frac{d\mathfrak{T}}{du}\right)_p \qquad (138) \qquad p = \left(\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right)_t \qquad (138^*)$$

$$t = \left(\frac{d\mathfrak{G}}{du}\right)_t \qquad (139) \qquad p = \left(\frac{d\mathfrak{V}}{dv}\right)_p \qquad (139^*)$$

$$t = \left(\frac{dE}{du}\right)_v \qquad (140) \qquad p = \left(\frac{dE}{dv}\right)_u \qquad (140^*)$$

$$t = \frac{dQ}{du} \qquad (141) \qquad p = \frac{dS}{dv} \qquad (141^*)$$

$$C_p = \left(\frac{d\mathfrak{T}}{dt}\right)_p \qquad (142) \qquad \Gamma_t = \left(\frac{d\mathfrak{F}}{dp}\right)_t \qquad (142^*)$$

$$C_v = \left(\frac{dE}{dt}\right)_v \qquad (143) \qquad \Gamma_u = \left(\frac{dE}{dp}\right)_u \qquad (143^*)$$

$$F_v = \left(\frac{dE}{dp}\right)_v \qquad (144) \qquad\qquad \Phi_u = \left(\frac{dE}{dt}\right)_u \qquad (144^*)$$

$$F_t = \left(\frac{d\mathfrak{G}}{dp}\right)_t \qquad (145) \qquad\qquad \Phi_p = \left(\frac{d\mathfrak{V}}{dt}\right)_p \qquad (145^*)$$

$$L_t = \left(\frac{d\mathfrak{G}}{dv}\right)_t \qquad (146) \qquad\qquad \Lambda_p = \left(\frac{d\mathfrak{V}}{du}\right)_p \qquad (146^*)$$

$$L_p = \left(\frac{d\mathfrak{T}}{dv}\right)_p \qquad (147) \qquad\qquad \Lambda_t = \left(\frac{d\mathfrak{F}}{du}\right)_t \qquad (147^*)$$

Es verdient bemerkt zu werden, dass für die vier Parameter die Differentialquotienten isotel auftreten und alle möglichen Aenderungswege zu je dreien erschöpfen, aber für verschiedene Functionen. Für die zwölf Capacitäten treten fünf Functionen ins Spiel, nämlich je zwei isobate von $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{G}$ und $\mathfrak{V}$, ausserdem zweimal zwei isobate von E.

Die letzten Beziehungen sind überraschend einfach. Einige derselben sind allerdings leicht und ohne Rechnung zu durchschauen, wie namentlich (135), (139) und (135*)(139*). Nächstdem sind alle sechs Coefficienten von E, nämlich vier Capacitäten 143 und 144 und zwei Parameter (140) leicht verständlich. Hier sind je drei isobat, und zwar nur für $u =$ const. und $v =$ const., während $\mathfrak{N}$ nur für $t =$ const. und $p =$ const. vorkommt. — $\mathfrak{F}$ und ihr Gegensatz $\mathfrak{T}$ kommen je viermal vor, eine jede nach allen vier Parametern differentirt. $\mathfrak{F}$ dreimal bei const. t, $\mathfrak{T}$ dreimal bei const. p. — Alle diese letzten Beziehungen sind nicht so leicht zu durchschauen, wie jene, sondern treten mehr als Resultat der Rechnung auf. Das System verlangte die kleine Erweiterung um die Gleichungen (137) und (137*). Das Differentiale dO erhielt durch Helmholtz's Darstellung eine bestimmte Deutung, da nach (97) und (98):

$$d\mathfrak{G} = dQ + dO \qquad (148) \qquad\qquad d\mathfrak{V} = dS + dR \qquad (148^*)$$

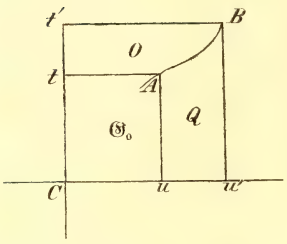
$$d\mathfrak{F} = dS - dO \qquad (149) \qquad\qquad d\mathfrak{T} = dQ - dR \qquad (149^*)$$

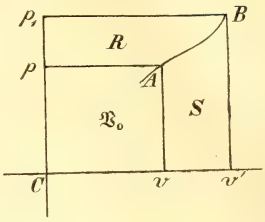
Es ist dO das Increment, das aus der freien Energie in die gebundene übergeht.

Es ist dR das Increment, das aus der totalen Energie in die verlorene übergeht.

Sowie Q und S, so sind auch O und R vom Aenderungswege abhängige Werthe. — Während auf adiabatischem resp. isometrischem Wege Q und $S = 0$ sind, so sind O und $R = 0$ auf isothermem, resp. isobarem Wege. Daraus folgt, dass, wenn O und R sich ändern, allemal sowohl actuelle als potentielle Energie zugeführt wird.

Gelangt der Körper von A nach B, so übersieht man leicht den Betrag von Q und O, resp. von S und R, deren Summe stets der Aenderung von $\mathfrak{G}$, resp. $\mathfrak{V}$ gleich ist.





$$\mathfrak{G} = \mathfrak{G}_0 + Q + O \qquad (150)$$

$$\mathfrak{V} = \mathfrak{V}_0 + S + R \qquad (150^*)$$

Eine grosse Menge neuer Beziehungen erhält man, wenn man die Differentialquotienten von u, t, p und v nach den Gleichungen (134) bis (139) bildet und die zweiten Differentiale der neuen Functionen einführt. Auf solchem Wege zog Helmholtz Schlüsse auf das Zeichen und das Wachsthum der Functionen u und E.

Bei Gibbs[1]) findet man einige lehrreiche Darstellungen der Energie. Er wählt u, v und E als Variable, so dass E eine Fläche darstellt, deren Tangenten in den Hauptrichtungen stets gleich p, resp. t sind. Der Charakter dieser Graphik folgt aus unseren Gleichungen 140, und als Gegensatz hierzu finden wir aus 136, dass p, t und $\mathfrak{N}$ als Coordinaten zu nehmen wären, nicht — wie dort bemerkt wird — v, p und t. Beim Schmelz- und Verdampfungsprocess hat die Gibbs'sche Fläche E bemerkenswerthe Eigenschaften, aber gerade hier spielt auch $\mathfrak{N}$ eine interessante Rolle. Da nämlich

$$\begin{aligned}\mathfrak{N} &= \mathfrak{F} - \mathfrak{V} \\ &= \mathfrak{T} - \mathfrak{G}\end{aligned}$$

so kann $\mathfrak{N}$ die totale freie Energie genannt werden, eine Bezeichnung welche beiden vorstehenden Gleichungen gerecht wird; da $\mathfrak{V}$ eine negative Grösse ist, kommt zu $\mathfrak{F}$ der absolute Betrag von $\mathfrak{V}$ hinzu, während von $\mathfrak{T}$, der totalen Energie des Körpers, die gebundene abzuziehen ist. Um eine Verwendung von $\mathfrak{N}$ anzuführen, beachte man bei Gibbs das Problem des Contactes zweier Körper von gleicher Materie in verschiedener Aggregatform; da p und t constant bleiben, ist auch $\mathfrak{N}$ constant, während der Umwandlungsprocess vor sich geht, und alle andern Functionen E, $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{G}$, und $\mathfrak{V}$ sammt u und v ändern sich. Die Bedingung eines stabilen Gleichgewichtes drückt Gibbs aus mit $\delta\mathfrak{N} = O$. Wenn nämlich $p' = p''$ und $t' = t''$, so ist

1) Connect. Acad. Transact. Vol. III. p. 384.

$$E'' - E' = t'(u'' - u') - p'(v'' - v')$$
$$\text{oder} \quad \mathfrak{N}'' = \mathfrak{N}'$$

welche Gleichung, in Werthen der anderen vier Functionen dargestellt, mannigfache Umwandlungen kennzeichnet. Die ebenda noch vorkommenden Differentialquotienten der neuen Functionen nach E kann man leicht aus unseren Formeln erhalten, da allgemein

$$\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dE}\right)_y = \frac{\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dx}\right)_y}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_y}.$$

In dieser Weise bildet man sich, wenn nöthig, die 12 Differentialquotienten von $\mathfrak{F}$ nach E oder von $\mathfrak{T}$ nach E. Auf diese Entwickelungen können wir hier verzichten [1]).

Alle vorstehend dargestellten Relationen gelten für reversible Processe, unabhängig von der Aggregatform. Statt v könnte, — wie Helmholtz gethan — eine grössere Zahl von Parametern eingeführt und zusammengefasst werden.

Die Anwendung der thermodynamischen Gleichungen wird gegenwärtig auf neue Gebiete gelenkt. In dieser Art sind die galvanischen Processe von Helmholtz, und die chemisch-elektrischen Vorgänge in einer Reihe hochinteresanter Arbeiten von F. Braun behandelt worden.

Meine Absicht war, das bisher Bekannte in ein in sich abgeschlossenes System zu bringen. Trotz der grossen Anzahl variabler Grössen, die aber sämmtlich durch ihre physicalische Deutung von Interesse sind, ist in vorstehender Form das Gesammtgebiet leichter zu überblicken. Dabei musste manche Beziehung von untergeordnetem Interesse Erwähnung finden. Zur vollständigen Uebersicht gehören aber alle Gleichungen in consequenter Anordnung.

II. Theorie der thermischen Wärmecapacität auf Grund einer neuen Hypothese.

1. Allgemeine Theorie.

Bei der Specialisirung der zwölf Energiecapacitäten für Gase waren

alle	nach	v	gebildeten	Coefficienten — Drucke
»	»	u	»	» Temperaturen
»	»	p	»	» Volumina
»	»	t	»	» Entropieen

1) Anm. Aus den Gleichungen 86 bis 88 und 103 bis 105 erhält man beispielsweise für $\left(\frac{d\mathfrak{F}}{dE}\right)$ drei Formeln, die sehr verschieden aussehen, aber auf einander reducirbar sind auf Grund von 41 bis 43. — Beim Problem der «Strömung einer Flüssigkeit durch ein Diaphragma» (s. Maxwell, Theorie der Wärme, deutsch von Auerbach, pag. 211) ist es die Function $\mathfrak{T}$, die totale Energie, die constant bleibt. Mit den weiteren Ansätzen (pag. 212) kann ich mich indess nicht einverstanden erklären.

Während nun die nach v gebildeten Coefficienten direkt proportional dem Drucke, die nach p gebildeten proportional dem Volumen, wärend ferner die nach u gebildeten proportional der Temperatur waren, erschienen die nach t gebildeten nur der Dimension nach als Entropien. Es liegt die Frage nahe, ob diese Coefficienten, die als constant gelten, nicht vielleicht proportional der Adiabate sein könnten.

Versuchen wir, dieser Hypothese gemäss, einen Ansatz, der zunächst ganz unabhängig von der Aggregatform — eben versuchsweise — als allgemein gültig und prüfbar angesehen werden kann, so dürfte man setzen:

$$dQ = C.u.dt$$

Hiernach wäre C eine reine Zahl. Zweckmässiger erscheint es dem C seine Dimension in Entropieen zu belassen und zu setzen

$$dQ = C \cdot \frac{u}{u_0} dt$$

indem u_0 eine Constante, nämlich die dem Normaldruck und der Temperatur $t = 273°C.$ entsprechende Adiabate des Körpers bedeutet. Auf Grund dieser Hypothese gewinnt man die Möglichkeit einer absoluten Bestimmung der Adiabate. Dieselbe wird nicht $= -\infty$ für den absoluten Nullpunkt, sondern hebt mit dem Werthe 0 an[1]). Dieser sowie jeder andere Werth der Adiabate wird in Entropieen absolut bestimmbar. Um aber das Adiabatenwachsthum von 0° C. an unterscheiden zu können, nennen wir dieses letztere u' und setzen die gesammte Adiabate

$$u = u_0 + u'$$

$$\text{alsdann wird} \quad dQ = C_0 \frac{u_0 + u'}{u_0} dt = t du \tag{151}$$

Offenbar bedeutet C_0 die wahre specifische Wärme bei $0° C. = 273°$ abs. in demselben Sinne, wie gewöhnlich, und nach wie vor bleibt die Dimension von C eine entropische. Vorstehende Gleichung kann integrirt werden, unter Vorbehalt der Bedeutung von C_0, welches bekanntlich je nach dem Aenderungswege von $+$ bis $-\infty$ variiren kann, aber jeweilig constant ist, z. B. bei constantem Drucke $= C_p$, bei constantem Volumen $= C_v$, bei constanter Temperatur $= \infty$ und bei constanter Adiabate $= 0$[2]). — Es folgt, da $du = du'$:

$$\frac{dt}{t} = \frac{1}{C_0} \frac{u_0}{u_0 + u'} du' \tag{151}$$

1) Anm. Eine geringe Aenderung der Hypothese ergäbe einen positiven endlichen Anfangswerth der Adiabate, wovon später die Rede sein wird.

2) Vergl. meine Abh. in Pogg. Ann. Ergbd. V pag. 540: «Ueber das beim umkehrbaren Kreisprocesse permanenter Gase zu gewinnende Arbeitsquantum». pag. 552 und Taf. IX Fig. 7.

folglich $c_0 \log t + \text{const.} = u_0 \log (u_0 + u')$

Da für $u' = 0$, $t = t_0$ sein soll, so kommt:

$$c_0 \log \frac{t}{t_0} = u_0 \log \frac{u_0 + u'}{u_0} \tag{152}$$

oder $$\left(\frac{c_0}{u_0}\right)^{\frac{c_0}{u_0}} = \frac{u_0 + u'}{u_0} \tag{153}$$

folglich bei vorgeschriebenem Aenderungswege, als welchen wir der Kürze wegen den bei constantem Drucke wählen wollen,

$$Q_p = \int_{u_0}^{u'} t . du = \frac{t_0}{u_0^{\mu}} \int_{u_0}^{u'} (u_0 + u')^{\mu} du' \tag{154}$$

wo $\frac{u_0}{c_0} = \mu$ gesetzt ist.

Also $$Q_p = \frac{t_0}{u_0^{\mu}(\mu + 1)} \left\{(u_0 + u')^{\mu+1} - u_0^{\mu+1}\right\} \tag{155}$$

$$= \frac{t_0 . u_0}{u_0^{\mu+1}(\mu + 1)} \left\{(u_0 + u')^{\mu+1} - u_0^{\mu+1}\right\}$$

oder $$Q_p = \frac{t_0 u_0}{(\mu + 1)} \left\{\left(\frac{u'}{u_0} + 1\right)^{\mu+1} - 1\right\} \tag{156}$$

Hier darf wieder t statt u eingeführt werden, immer unter Voraussetzung constanten Druckes. Es wird:

$$Q_p = \frac{t_0 u_0}{\mu + 1} \left\{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{\mu+1}{\mu}} - 1\right\}$$

$$= \frac{t_0 . u_0 \; c_0}{u_0 + c_0} \left\{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{u_0 + c_0}{u_0}} - 1\right\} \tag{157}$$

Setzen wir $\frac{u_0 + c_0}{u_0} = \lambda$, eine Grösse, die wir viel gebrauchen werden, so wird endlich

$$Q_p = \frac{t_0 . c_0}{\lambda} \left\{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\lambda} - 1\right\} = c'_p (t - t_0) \tag{158}$$

wo wir mit c'_p die mittlere specifische Wärme von t_0 bis t bezeichnet haben. Offenbar wird

$$c'_p = \frac{c_0}{\lambda} \frac{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\lambda} - 1}{\frac{t}{t_0} - 1} = \frac{c_0 u_0}{u_0 + c_0} \frac{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{u_0 + c_0}{u_0}} - 1}{\frac{t}{t_0} - 1} \tag{159}$$

Dagegen ist die wahre specifische Wärme bei t Grad

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_p = c_p = \frac{c_0}{u_0}(u_0 + u') = c_0\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{c_0}{u_0}} = c_0\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\lambda-1} \qquad (160)$$

Fragen wir uns, wie diese Relationen exprimentell zu prüfen seien, so begegnen uns namhafte Schwierigkeiten. Die einzigen messbaren Grössen sind t, t_0 und c_0, allein Q, u_0 und u sind nicht bekannt. Für u_0 lässt sich zwar eine Gleichung aufstellen, denn es ist im Integrale (154) für die untere Grenze $u' = -u_0$, für die obere $u' = 0$ zu setzen, dann kommt für den absoluten Wärmeinhalt des Körpers bei 0° C.

$$Q_0 = \int_{-u_0}^{0} t \,.\, du' = \frac{t_0 . u_0}{\mu + 1} = \frac{t_0 . u_0 . c_0}{u_0 + c_0} \qquad (161)$$

welchen Ausdruck man ebenso direkt aus (156) erhält, indem man dort $u' = -u_0$ setzt und das Zeichen umkehrt. Aber auch (161) giebt uns nicht den Werth von u_0, da wir Q_0 unmöglich messen können.

Es bleibt nur noch ein Weg übrig. Man geht von der Gleichung (159) für die mittlere specifische Wärme aus, entnimmt c_0 und c'_p den Beobachtungen, in welchen für verschiedene Temperaturen das c'_p als Function von t bestimmt worden ist und versucht λ zu ermitteln. Hat man den Zahlenwerth von λ gefunden, so berechnet man mittelst

$$u_0 = \frac{c_0}{\lambda - 1} \qquad (162)$$

die absolute Adiabate bei 0° C. — Die zu beantwortenden Fragen stellen sich also etwa, wie folgt:

1) Geben verschiedene Substanzen solche c'_p als Function der Temperatur, dass aus verschieden combinirten Beobachtungen λ stets ein und denselben Werth erhält?

2) Wie stimmen die nach (159) berechneten c'_p mit den beobachteten mittleren specifischen Wärmen überein?

3) Wie gross gestaltet sich der absolute Betrag der Adiabate u bei Normaldruck und beliebigen Temperaturen und insbesondere welchen Werth erhält nach (162) u_0 für $t_0 = 273°$ abs.?

4) Wie gross ist bei 0° C. der absolute Wärmeinhalt des Körpers Q_0, berechnet nach Gleichung (161)?

2. Specifische Wärme des Wassers und des Eises.

Für die einfachen Gase hat Regnault die Constanz der specifischen Wärme und ihre völlige Unabhängigkeit von der Temperatur behauptet. In diesem Umstande vermag ich

noch keine sichere Aussage gegen unsere Hypothese zu erblicken, denn Regnault maass die fragliche Grösse theils mit Wassser, theilt mit Oel, d. h. mit Substanzen, deren specifische Wärme noch heute so unsicher festgestellt ist, dass eine Variation jener specifischen Wärmen möglichenfalls, ja wahrscheinlich völlig von den Beobachtungsfehlern verdeckt wurde. — Der Zustand unserer Kenntniss über die specifische Wärme des Wassers ist ein deplorabler, da nach den letzten Beobachtungen tüchtiger Forscher eine Differenz der Angaben bis um 10 Procent vorliegen, und zwar um 10 Procent nicht etwa der Variation, sondern des absoluten Betrages. Findet doch Regnault bei 100° $c'_p = 1{,}005$, Jamin und Amaury $= 1{,}059$, während bei beiden $c'_p = 1$ für 0° angenommen ist. Das ergiebt für die wahre specifische Wärme nach

	Regnault.....	$c'_{100} = 1{,}013$
	Jamin und Amaury	$= 1{,}122$
während	Wüllner.....	$= 1{,}030$

angiebt. Hirn findet schon bei 15° 1,06. Bei der eminenten Wichtigkeit der Frage bleibt nur zu wünschen übrig, dass eine internationale Commission sich der Beantwortung unterzöge, ähnlich wie solches mit der Thermometrie u. A. geschehen ist.

Ich habe alle neueren Versuchsreihen geprüft, zunächst die von Jamin und Amaury, dann die von Münchhausen-Wüllner. Letztere schienen sehr gute Resultate zu geben, allein erst später entdeckte ich, dass Wüllner Correctionen anzubringen für nöthig fand, die, wie ich fürchte, nicht sicher sind. — Da v. Münchhausen verstorben ist, so werden wohl diese Versuche verloren gehen. Nur ungern unterdrücke ich die Resultate der mühevollen Rechnung, die sich eben nur auf die anfänglich mitgetheilten Werthe bezog. Die Zahlenreihe stimmte gut mit unserer Hypothese. Jetzt muss ich sie für werthlos halten, da Wüllner die ersten Beobachtungen wiederrufen hat[1]). Beiläufig bemerke ich, dass die Regnault-Pfaundler'sche Methode, die Correctionen zu berechnen, zwar manche Vorzüge hat, dass sie aber äusserst vorsichtig gehandhabt werden muss, da eine momentane Aenderung der Austrahlung merkliche Fehler in die Rechnung einführt.

Die Versuche von Jamin und Amaury sind meines Wissens nur in Kürze mitgetheilt. Nach Pfaundler's Angabe ist die Methode eine von allen übrigen sehr abweichende. Ich vermag zu den Resultaten auf Grund der mir bekannten Mittheilung[2]) kein Zutrauen zu fassen.

Bei Wüllner-Münchhausen's Versuchen hatte ich mit dem Umstande zu kämpfen, dass alle Zahlen auf eine mittlere specifische Wärme von c. 22° Cels. sich bezogen, eine andere Einheit mithin doch nur auf Grund einer Hypothese zu finden war. Für die Beantwortung der ganzen Frage scheinen mir auch aus diesem Grunde Versuche mit dem Bun-

1) Wied. Ann. 1880. Bd. X. pag. 284. — 2) Comptes-Rendus 1870. Tome LXX. p. 661—664.

sen'schen Eiscalorimeter entscheidend sein zu können. Dieser Art hat kürzlich S. Henrichsen [1]) eine umfangreiche Beobachtungsreihe veröffentlicht. Leider giebt Henrichsen seine Zahlen in willkührlichen Einheiten seiner Skala an. Hätte er die letztere, nach dem Kalibriren, dem absoluten Rauminhalte nach bestimmt, so wären alle Angaben sofort in Eiscalorieen bekannt, eine Einheit, die durchaus die rationellste zu sein scheint.

Henrichsen hat durch eine parabolische Gleichung mit zwei Constanten die beobachteten Wärmemengen nach der Methode der kleinsten Quadrate dargestellt. Ich habe diese Rechnung geprüft und ganz dasselbe Resultat erhalten. Die so berechneten Zahlen stimmen leidlich gut mit den von ihm beobachteten. Berechnet man aber die mittlere specifische Wärme selbst nach den vorliegenden Beobachtungen und andererseits nach seiner vorliegenden Formel, so weichen beide ziemlich stark von einander ab. — Auch die auf das Silbergefäss bezügliche Rechnung habe ich wiederholt und komme fast genau zu denselben Zahlen.

Henrichsen's Beobachtungen sind die in Columen I und II gegebenen Temperaturen und Wärmemengen. Die Columne III berechnete ich nach Henrichsen's Formel

$$C_m = 1 + 0.0001578 . t + 0.0000013483\, t^2.$$

Die Columne IV ist nach unserer Gleichung (159) berechnet.

Gesammtwärme des Wassers (in willkührl. Einheit).

I. Bei der Temperatur Celsius.	II. Von Henrichsen beobachtet.	III. Nach Henrichsens Formel.	IV. Nach Gl. 163 prop. der Adiab.	Differenzen.	
				III — II	IV — II
23,17	113,9	114,3	113,9	+0,4	0,0
26,64	131,1	131,5	131,1	+0,4	0,0
42,91	213,4	212,7	212,5	—0,7	—0,9
55,17	274,2	274,4	274,5	+0,2	+0,3
76,69	383,0	384,3	384,5	+1,3	+1,4
98,71	498,8	498,8	498,8	—	—

Die in Columne IV von mir benutzte Formel hat nur eine Constante, denn da $c_0 = 1$ gesetzt ist, wird

$$c_m = \frac{u_0}{u_0 + 1} \frac{\left\{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{1}{u_0}+1} - 1\right\}}{\frac{t}{t_0} - 1} \qquad (163)$$

wo $t_0 = 273°$ abs. ist. Trotzdem stimmt unsere Formel ebenso gut, wenn nicht besser mit

1) Wied. Ann. 1879. Bd. VIII. pag. 83.

den Beobachtungen überein, als jene bloss empirische Formel mit zwei Constanten. Ich lege besonderen Nachdruck auf den Umstand, dass bei niedrigeren Temperaturen wie 23 und 26 Grad unsere Formel sich ganz mit den Beobachtungen deckt. — Beiläufig sei bemerkt, dass jede Zahl in Col. II einem Mittel aus circa zehn Beobachtungen entspricht, sämmtlich derselben Temperaturgegend angehörig.

Da Henrichsen keine absolute Einheit zu Grunde legte, so musste statt dessen in seiner Formel die wahre specifische Wärme bei 0° dazu gewählt werden. Diese letztere aber konnte wiederum nur auf Grund einer Hypothese gefunden werden, nämlich auf Grund der Annahme einer Abhängigkeit $c_m = 1 + at + bt^2$ von der Temperatur. Wenn a und b nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt sind, so ist die zu wählende Einheit festgesetzt. Factisch setzte Henrichsen, wenn wir mit Q die Zahlen der Col. II bezeichnen,

$$Q = A(t + at^2 + bt^3).$$

Die kleinsten Quadratfehler werden mithin für Q gesucht. Erst nachdem A, a und b gefunden, wird gesetzt $c_m = 1 + at + bt^2 = \frac{Q}{A.t}$

Da ich von einer anderen Formel ausging

$$c_m = \frac{1}{\lambda} \frac{\left(\frac{t}{273}\right)^{\lambda} - 1}{\frac{t}{273} - 1}$$

wo die Einheit von c_m gleichfalls die wahre specifische Wärme bei 0° C. ist, so musste ich eine andere Grösse für $c_{98°}$ finden, als Henrichsen. Durch Näherungswerthe ergab sich bald, dass $\lambda = 1{,}227$ zu setzen sei, da schon $\lambda = 1{,}226$ und $1{,}228$ grössere Abweichungen ergaben. Durch Division der Temperaturen in die Wärmemengen der Col. II und durch Division mit $c_{23{,}17}$ erhielt ich zunächst folgende Werthe:

Relative specifische Wärme des Wassers bezogen auf die mittl. spec. Wärme von 0 bis 23°17 C

t	c_m	Beobachtete Wärmemengen.
23,17	1,000000	113,9
26,64	1,001085	131,1
42,91	1,011668	213,4
55,17	1,011036	274,2
76,69	1,015927	383,0
98,71	1,027939	498,8

Bei 42,9 ist die specifische Wärme grösser als bei 55,2. Sehr leicht kann hier ein Beobachtungsfehler vorliegen, da noch kein Promille die Variation beträgt. Die Zahl 213,4 ist ein Mittel aus zehn Beobachtungen. Von 23 bis 100 Grad steigt c_m nur um 28 Promille, also von 43 bis 55 um circa $^{12}/_{77}$. $28 = 4{,}4$ Promille. Die einzelnen Versuche weichen aber im Maximo 1 Procent von einander ab. Solange man mit dem Bunsen'schen Eiscalorimeter noch nicht 1 Promille sicher erhält — und die Hauptschwierigkeit besteht gewiss in der Bestimmung der Anfangstemperatur — so lange werden Massenbeobachtungen ein Surrogat liefern müssen. Die niedrigen Temperaturen einerseits, und andererseits der Siedepunkt sind gewiss am ehesten verlässlich. Die Werthe nun von λ, — je nachdem man die Beobachtungen combinirte, schwankten recht beträchtlich; ich fand aus der Combination

von	23°	bis	98°	$\lambda = 1{,}226$
»	23	»	43	$= 1{,}29$
»	23	»	76	$= 1{,}18$
»	43	»	98	$= 1{,}16$

Verzeichnet man sich graphisch die specifischen Wärmen der vorigen Tabelle, so erkennt man sofort, dass c_m für 43° zu gross, für 55° zu klein erscheint. Ich entschied mich für $\lambda = 1{,}226$, und die spätere Ermittelung der Fehler führte zu $\lambda = 1{,}227$. — Die Werthe von λ beruhten auf der Auflösung von Gleichungen wie diese:

$$\frac{C'_{98}}{C'_{23}} = \frac{\left\{\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^{\lambda} - 1\right\}\left\{\frac{t''}{t_0} - 1\right\}}{\left\{\left(\frac{t''}{t_0}\right)^{\lambda} - 1\right\}\left\{\frac{t_1}{t_0} - 1\right\}}.$$

Die Auflösung macht wenig Mühe. Durch geschicktes Interpoliren findet man nach 4 bis 5 Ansätzen λ bis zur dritten Decimale.

Nachdem λ gefunden, galt es, die wahre specifische Wärme bei 0 °C. aufzusuchen nach der Formel:

$$C_0 = \frac{C_{98}\,\lambda\left(\frac{t_{98}}{t_0} - 1\right)}{\left(\frac{t_{98}}{t_0}\right)^{\lambda} - 1}.$$

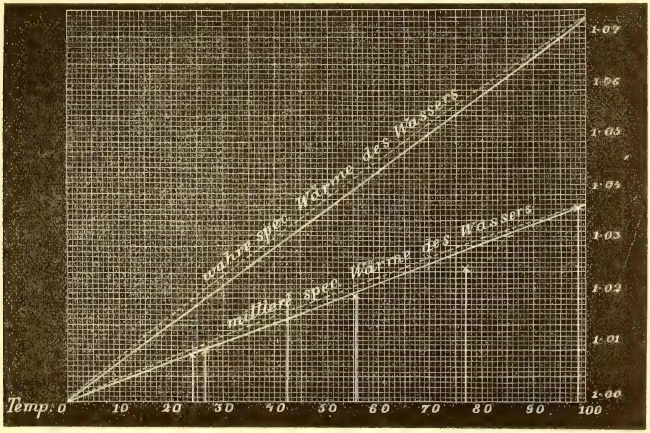
Mit diesem Werthe von C_0, der natürlich kleiner als 1 war, wurden die specifischen Wärmen der vorigen Tabelle dividirt. So erhielt man zunächst die beobachteten auf die neue Einheit bezogenen specifischen Wärmen in Col. III der nachfolgenden Tabelle. Dann folgt in Col. IV die nach Gleichung (163) berechnete specifische Wärme nebst Differenzen in Col. V.

Mittlere specifische Wärme bezogen auf die wahre spec. Wärme bei 0° C.

I.	II.	III.	IV.	V.
Temper.	Wärmemengen.	Mittlere spec. Wärme.		Differenz. IV — III
		Beob. v. Henr.	Berech. n. (163).	
0,00	—	—	1,00000	—
23,97	113,9	1,00952	1,00943	—0,00009
26,64	131,1	1,01062	1,01081	+0,00019
42,91	213,4	1,02130	1,01716	—0,00414
55,17	274,2	1,02066	1,02184	+0,00118
76,69	383,0	1,02560	1,02982	+0,00422
98,71	498,8	1,03773	1,03773	0,00000

Diese Tabelle ist wiedergegeben in Fig. 1, wo die Abscissen die Temperaturen, die Ordinaten die mittlere specifische Wärme darstellen. Die höhere Curve, welcher zum Vergleich die voll ausgezogene gerade Linie beigefügt wurde, giebt die wahre specifische Wärme. Die mit Sternen versehenen Punkte entsprechen den Beobachtungen. Man sieht, dass bei 42 und 76 Grad die Werthe wohl aus jeder einfachen Curve herausfallen würden.

Fig. 1.



Ueberblickt man die Originalbeobachtungen, so findet man mehrfach Einzelwerthe, die auf beiden Seiten die Curve überragen. Ich halte dennoch Henrichsen's Beobachtungen für das Beste, was wir bisher über specifische Wärme des Wassers besitzen. Neuerdings sind auch von Neesen [1]) Bestimmungen ausgeführt, allein sie reichen nur von

1) Wied. Ann. 1883. Bd. XVIII. p. 369.

0 bis 30 Grad, daher ich sie zur Berechnung von λ nicht verwerthen konnte. Auf Velten's Beobachtungen komme ich zurück. Ich lasse hier noch die Berechnung der Henrichsen'schen Versuche folgen nach seiner Formel:

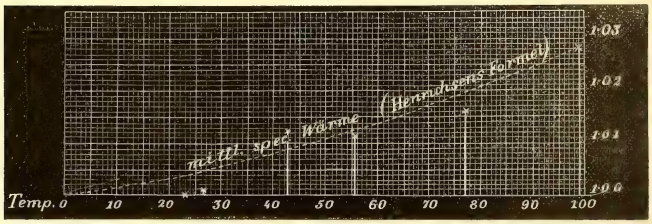
In Col. I findet man die Temperatur

» » II die Wärmemengen

» » III die mittlere specifische Wärme des Wassers, abweichend von Col. III der vorigen Tabelle, weil die Einheit nach einer anderen Formel gefunden worden

» » IV die nach Henrichsen's Formel berechneten Werthe und nebenbei die Differenzen (s. auch Fig. 2)

Fig. 2.



Mittlere specifische Wärme nach Henrichsens Formeln und Beobachtungen.

I.	II.	III.	IV.	V.
Temper. Cels.	Wärmemenge beobacht. v. Henrichsen.	Mittlere specifischen Wärme.		Differenz. IV — III.
		Beob. n. Henrichsen.	Ber. n. Henrichsen.	
0	—	—	1,00000	—
23,17	113,9	1,00073	1,00438	+0,00365
26,61	131,1	1,00183	1,00516	+0,00333
42,91	213,4	1,01242	1,00925	—0,00317
55,17	274,2	1,01178	1,01280	+0,00102
76,69	383,0	1,01668	1,02002	+0,00334
98,71	498,8	1,02870	1,02870	0,00000

Wie man sieht, stimmen die Werthe schlechter mit den Beobachtungen trotz der zwei Constanten. — Eine Aenderung der Einheit macht wenig aus, da Col. III und IV je um 9 Promille geändert werden müssten durch die Einheit in der früheren Tabelle.

Nachstehend folge noch eine Tabelle über die mittlere specifische Wärme von 10 zu 10 Grad, und die der wahren specifischen Wärme nach der Formel

$$c_w = c_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\lambda - 1} \qquad (160)$$

Mittlere und wahre spec. Wärme des Wassers nach Gleichung 163 und 160.

Temperatur. Celsius.	Mittlere spec. Wärme des Wassers.	Erste Differenz.	Wahre spec. Wärme des Wassers.	Erste Differenz.
0	1,00000	412	1,00000	820
10	1,00412	404	1,00820	798
20	1,00816	397	1,01618	777
30	1,01213	391	1,02395	757
40	1,01604	385	1,03152	739
50	1,01989	377	1,03891	722
60	1,02366	371	1,04613	705
70	1,02737	366	1,05318	689
80	1,03103	360	1,06007	675
90	1,03463	355	1,06682	660
100	1,03818		1,07342	
(200)	1,07112		1,13288	
(300)	1,10032		1,18329	
(400)	1,12920		1,23141	

Die letzten drei Zahlen sind insofern ganz illusorisch als die Beobachtungen und Rechnungen sich auf einen Druck von etwas weniger als 760 Mm. beziehen.

Aus dem Werthe von $\lambda = 1{,}227$ erfahren wir die absolute Adiabate des Wassers in Entropieen.

$$\text{Da} \quad \lambda = \frac{u_0 + c_0}{u_0} = \frac{u_0 + 1}{u_0}$$

$$\text{wird} \quad u_0 = \frac{c_0}{\lambda - 1} = \frac{1}{\lambda - 1} = \frac{1}{0.227}$$

mithin $u_0 = 4{,}405$ calor. Entropieen
und für den absoluten Wärmeinhalt des Wassers bei 0° Cels.:

$$Q_0 = \frac{c_0 t_0 u_0}{c_0 + u_0} = \frac{273}{\lambda} = 222{,}4 \text{ Calorieen.}$$

Aus diesem Werthe folgt für den absoluten Wärmeinhalt des Eises Q_{-0}:

$$Q_{-0} = Q_0 - 83{,}08 = 139{,}3 \text{ Calorieen.}$$

denn Bunsen hat die Schmelzwärme zu 80,025 bestimmt, bezogen auf die mittlere specifische Wärme ven 0 bis 100 Grad. Da letztere = 1,03818 ist, so ist hiermit die Bunsensche Angabe zu multipliciren.

Verfolgen wir weiter unsere Hypothese, indem wir dieselbe auch für die Eisform des Wassers gelten lassen, so müsste sein

$$c_e = c_{-0} \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\lambda_e - 1} \tag{164}$$

Hier aber ist c_{-0} und λ_e zu berechnen aus folgendem Ansatz:

Von der Adiabate des Wassers $= 4{,}405$ kommen die Gefrierentropieen in Abzug im Betrage von $\frac{83{,}03}{273} = 0{,}304$ cal. Entrop.

Dadurch erhalten wir die Adiabate des Eises bei 0^0 C.:

$$u_{-0} = 4{,}101 \text{ cal. Entropieen}$$

folglich der absolute Wärmeinhalt Q_{-0}

$$Q_{-0} = \frac{c_{-0} \cdot t_0 \cdot u_{-0}}{u_{-0} + c_{-0}} \tag{165}$$

Hieraus ist c_{-0}, die wahre specifische Wärme des Eises bei 0° C. zu berechnen, denn

$$139{,}2 = \frac{c_{-0} \cdot 273 \,.\, 4{,}101}{c_{-0} + 4{,}101}$$

$$\text{woraus } c_{-0} = 0{,}582$$

$$\text{und } \lambda_e = \frac{c_{-0} + u_{-0}}{u_{-0}} = 1{,}142$$

Hiernach wäre zu erwarten für die wahre specifische Wärme des Eises

$$c_e = 0{,}582 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{0{,}142} = 0{,}582\,(1 - \alpha \,.\, \tau)^{0{,}142}$$

wenn mit τ Celsiusgrade bezeichnet werden.

Der Ausdehnungscoefficient α der Gase kommt hinein, weil durch denselben die Temperatur definirt worden ist. Die mittlere specifische Wärme des Eises wird:

$$c_{-m} = \frac{0{,}582}{1{,}142} \frac{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{1{,}142} - 1}{\frac{t}{t_0} - 1}$$

welche Formel experimentell zu prüfen wäre.

Ich berechne hieraus c_{-m} für $-20°$ Cels. $= 0{,}576$, eine Zahl, die nicht stark von den Beobachtungen abweicht. Die Angaben schwanken von 0,50 bis 0,56.

Die Adiabate wächst sehr langsam mit der Temperatur, da pro Celsiusgrad dieser Betrag $=$

$$\int_t^{t+1} \frac{c_{te} \,.\, dt}{t}$$

welches nahe $= \frac{c_w}{t}$ ist, wo t gegen 273 Grad beträgt. — Deshalb können unsere Formeln in Reihen entwickelt werden, wo je nach der Substanz nur λ variirt. Es ist:

$$c_m = c_0 \left\{1 + \frac{\lambda - 1}{2} \alpha t + \frac{(\lambda-1)(\lambda-2)}{6} \alpha^2 t^2 + \frac{(\lambda-1)(\lambda-2)(\lambda-3)}{24} \alpha^3 t^3 + \ldots\right\} \quad (166)$$

$$c_w = c_0 \left\{1 + (\lambda - 1) \alpha t + \frac{(\lambda-1)(\lambda-2)}{2} \alpha^2 t^2 + \frac{(\lambda-1)(\lambda-2)(\lambda-3)}{6} \alpha^3 t^3 + \ldots\right\} (167)$$

Um fünf Decimalstellen zu erhalten, müsste man aber bei 100 Grad bis zum 5ten Gliede rechnen; daher unsere Potenzformel weit bequemer ist. Der Coefficient von $\alpha^2 t^2$ ist stets negativ, wenn

$$1 < \lambda < 2$$

und in der That liegt λ stets nahe bei 1. Unsere Curven sind daher stets concav nach der Abscissenaxe. Ob das exprimentell sich bestätigt, wird die Erfahrung lehren, aber nur sehr exacte Versuche können die Frage entscheiden.

In den bisherigen Bestimmungen konnte die veränderliche specifische Wärme des Wassers kaum in Rechnung gebracht werden. Nur einige Andeutungen lassen sich geben. — Zwischen 0 und 30° findet auch Neesen (l. cit.), dass «die specifische Wärme des Wassers nicht stetig mit der Temperatur wächst, sondern nach einem anfänglichen Wachsthum wieder abnehme», d. h. dass die Curve sich der Abscissenaxe wieder zuwende. Für unsere Hypothese spricht ferner, dass ausnahmslos die specifische Wärme mit der Temperatur wächst, und fast ohne Ausnahme ist die Curve concav nach der Abscissenaxe, wie nach Regnault für Terpentinoel, nach Hirn für Alcohol, Terpentinoel, Schwefelkohlenstoff und Aether; eine Concavität fand ferner H. Weber für Diamant[1]). Ein starkes Anwachsen der Adiabate zeigt, dass der absolute Betrag derselben klein sei.

Die Variation der spesifischen Wärme hängt von λ ab, welches $= 1 + \frac{c_0}{u_0}$, also ist sie gering, wenn c_0 klein und u_0 gross ist. Daraus ist zu erschliessen, dass die Gase, und namentlich die permanenten, eine geringe Variation erwarten lassen, weil ihre Adiabate gross ist, da Schmelz- und Verdampfungswärme bei niedriger Temperatur dem Körper schon zugeführt sind. Vollends wird oberhalb der kritischen Temperatur eine geringere Variation zu erwarten sein. Im Gegensatz hierzu steht der Kohlenstoff dessen Adiabate klein sein

1) Für Quecksilber hat Winckelmann (Pogg. Ann. 159. pag. 158) eine Abnahme der specifischen Wärme mit der Temperatur aufgestellt. Wie mir scheint erklärt sich dieses Resultat aus der constant betrachteten specifischen Wärme des Wassers zwischen 16 und 18 Grad bei Versuchen in niedriger Temperatur, und zwischen 12 und 20 Grad bei höheren Anfangstemperaturen. Die Variation für Wasser dürfte die für Quecksilber völlig überdecken. Die anderen, von Winckelmann selbst aufgeführten Bedenken, namentlich die specifische Wärme des Eises betreffend, kommen hinzu. Gelegentlich erlaube ich mir anzuführen, dass neuerdings für CO_2 und H_2O-dampf empirische Formeln fur die specifische Wärme von 0 bis 2000 Grad aufgestellt worden sind, die die concave Seite der Abscissenaxe zukehren (s. Mallard und Le Chatelier in C. R. T. XCIII. 1881. 2, pag. 1014).

wird, da derselbe weit unterhalb des Schmelzpunktes untersucht wird. — Für feste Körper wie Eisen, Silber, Platin liegen sehr widersprechende Angaben vor. Nach Bystrom[1]) sind freilich alle Curven convex nach der Abscissenaxe, wenn sie auch so schwach gekrümmt sind, dass man die Thatsache selbst wird bezweifeln dürfen. Ich habe λ zu berechnen versucht und Werthe erhalten, die sehr wenig grösser als 1 ausfallen.

Kürzlich ist wiederum eine Abhandlung über «die specifische Wärme des Wassers» erschienen von A. Velten[1]). Die Resultate dieser Arbeit werfen so ziemlich Alles um, was bisher aufgestellt ward. Nach Velten's Versuchen mit dem Eiscalorimeter hätte ich garkeine Veranlassung mehr, die von mir aufgestellte Hypothese zu prüfen. Die specifische Wärme des Wassers hat nach Velten mehrere Maxima, ja der Verlauf zwischen 0 und 10 Grad ist ein ganz unregelmässiger. — Nur wenn die Volumänderung des Wassers mit in die Hypothese verflochten würde, liesse sich noch eine weitere Prüfung derselben denken. Ueberblicke ich aber Veltens Verarbeitung des vorliegenden fremden und eigenen Materiales, so vermag ich in keiner Weise einen auch nur einigermassen befriedigenden Abschluss, ja kaum eine Förderung der Frage zu finden.

III. Theorie der Gase.

1. Allgemeine Theorie auf Grund der neuen Hypothese.

Um die Consequenzen unserer Hypothese für Gase zu entwickeln, kehren wir zur Hauptgleichung zurück. Es war:

---

1) Wied. Ann. 1884. Bd. XXI. pag. 31. Bei der Wichtigkeit des fraglichen Gegenstandes erlaube ich mir einige Einwendungen zu erheben: Die Vergleiche mit v. Münchhausen's Resultaten (pag. 43) zeigen, dass eine Uebereinstimmung nicht statthat. Der Versuch aus den Resultaten von vier verschiedenen Forschern, deren Methoden nicht ganz dieselben waren, eine empirische Formel herzuleiten, dürfte auch wenig Beifall finden. Velten macht es sogar möglich, eine Uebereinstimmung mit Jamin und Amaury auszurechnen (pag. 44) durch Ermittellung der Verhältnisse diverser mittlerer specifischen Wärmen, während der absolute Betrag den gerade entgegengesetzten Verlauf zeigt. Freilich wird auf diesen Umstand vom Verfasser ausdrücklich hingewiesen mit den Worten: «wenn man sich erlaubt, von der Verschiedenheit des Ganges abzusehen». Wie die Versuche von Gerosa, die Velten zu acceptiren scheint, mit seinen Resultaten irgend in Einklang zu bringen sind, ist mir nicht verständlich, da Gerosa fast dasselbe findet wie Jamin, d. h. eine Zunahme bis 100° um mehrere Procente, während Velten eine Abnahme behauptet. Zum Schlusse behauptet Velten eine «volle Uebereinstimmung seiner Beobachtungen mit denen von Regnault». Letztere aber sind nur von 100 bis 180 Grad in Betracht gezogen und dazu mit redactionellen nicht unbedenklichen Umrechnungen (cf. p. 47 oben), während Velten nur von 0 bis 100 Grad untersucht hat. Und in diesem Gebiete findet gar keine Uebereinstimmung statt. Endlich bemerke ich noch, dass die Formel aus Resultaten der vier Beobachter mit solch einer Differenz der Angaben imbibirt ist, wie sie auf pag. 44 unten mitgetheilt wird im Gegensatz zu dem was Velten findet (cf. ebenda IX. und XIV. Reihe). So erklärt es sich denn auch, dass mit den wenigen auf pag. 48 berechneten Werthen nur die Beobachtungen Velten's stimmen, während die von Münchhausen und Rowland der Formel widersprechen. Regnault's Zahl gilt nur für 180°, wie schon erwähnt ward.

$$dQ = C_p\left(\frac{dt}{dv}\right)_p dv + C_v\left(\frac{dt}{dp}\right)_v dp \tag{168}$$

Hier sind C_p und C_v als variabel auch für Gase zu betrachten. Wir hatten ferner in Gleichung (33)

$$\left(\frac{dt}{dv}\right)_p \cdot \left(\frac{du}{dp}\right)_v - \left(\frac{dt}{dp}\right)_v \cdot \left(\frac{du}{dv}\right)_p = -1 \tag{169}$$

Setzt man nach Mariotte's Gesetz

$$\frac{p.v}{p_0.v_0} = \frac{t}{t_0} \quad \text{oder} \quad p.v = R.t \tag{170}$$

wo stets t die absolute Temperatur bedeutet, und setzen wir ferner bei constanter Adiabate die bekannte Poisson'sche Gleichung:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{C_v}\left(\frac{v}{v_0}\right)^{C_p} = \text{const.} \tag{171}$$

so erhält man, mit Benutzung der in (59) bis (64) entwickelten Beziehungen die bekannte Clausius'sche Gleichung:

$$C_p - C_v = R \tag{172}$$

Wie gestaltet sich nun, auf Grund unserer Voraussetzungen das Analogon zu Poisson's Gleichung und was haben wir statt der Fundamentalgesetze (170) und (172) anzunehmen?

Wir hatten allgemein $C_x.dt = c_x\frac{u_0+u'}{u_0}dt = t.du$, wo durch den Index x der beliebige Aenderungsweg bei constantem x verstanden wird.

$$\text{Folglich wird:} \quad \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{c_x}{u_0}} = \frac{u_0+u'}{u_0} \tag{173}$$

Wir setzen statt des Gay-Lussac'schen Gesetzes

$$\frac{p}{p_0}\cdot\frac{v}{v_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{c_x+u_0}{u_0}} \tag{174}$$

was jedenfalls theoretisch und hypothetisch ebenso statthaft ist, wie wenn man den Exponenten = 1 setzt.

Ich stelle absichtlich in dieser Form die Gleichung (174) auf, obwohl man auf dieselbe erst hingeführt wird, wenn man von der folgenden Gleichung ausgeht:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)\left(\frac{v}{v_0}\right) = \left(\frac{t}{t_0}\right)\left(\frac{u}{u_0}\right) \tag{175}$$

Setzt man nämlich hier den Werth $\frac{u}{u_0}$ oder $\frac{u_0+u'}{u_0}$ aus (173) ein, so folgt die Glei-

chung (174). Nennen wir p', v', t', u' die Werthe dieser vier Parameter von p_0, v_0, t_0, u_0 an gerechnet, so lautet (175) folgendermaassen:

$$\left(1 + \frac{p'}{p_0}\right)\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right) = \left(1 + \frac{t'}{t_0}\right)\left(1 + \frac{u'}{u_0}\right) \tag{176}$$

$$\text{oder } (1 + ap')(1 + b.v') = (1 + \alpha t')(1 + \beta u') \tag{177}$$

Am bequemsten bleibt jedoch die Formel (175). Hier erscheint das Gay-Lussac'sche Gesetz ein wenig erweitert. Während bei constanter Temperatur sonst $\frac{p.v}{p_0.v_0}$ constant ist, haben wir jetzt

$$\frac{p.v}{p_0.v_0} = \text{const.}\left(1 + \frac{u'}{u_0}\right) \tag{178}$$

Wenn nun die Adiabate langsam zunimmt und u_0 bereits einen hohen Werth besitzt, so wächst der Ausdruck rechts sehr langsam mit steigendem Volumen, denn, wenn bei Ausdehnung der Substanz dieselbe sich abkühlt, so muss Wärme zugeführt werden, wenn die Temperatur constant bleiben soll; mithin steigt die Adiabate u' um soviel Entropieen, als die zugeführte Wärme (in Calorieen), dividirt durch die angewandte Temperatur (abs.), beträgt. Hieraus folgt das $p.v$ gerade in dem Sinne sich ändert, wie solches für alle Gase von Regnault gefunden worden. Nur der Wasserstoff macht eine Ausnahme, worüber später.

Die Gleichung (178) hat nur Geltung bei constant erhaltener Temperatur. Da wir nun eine Beziehung zwischen u und t in (173) besitzen, so könnte man u durch t ersetzen, allein das geht hier nicht, weil in (173) $c_x = \infty$ ist. Indess lassen sich aus (173), (174) und (175) andere Relationen entwickeln:

$$\text{Aus (174):} \quad \frac{p}{p_0} \cdot \frac{v}{v_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{c_x + u_0}{u_0}}$$

$$\text{folgt} \quad \left(\frac{dt}{dp}\right)_v = \frac{u_0}{c_x + u_0} \cdot \frac{t}{p} \tag{179}$$

$$\text{und} \quad \left(\frac{dt}{dv}\right)_p = \frac{u_0}{c_x + u_0} \cdot \frac{t}{v} \tag{180}$$

Setzen wir dieses ein in

$$dQ = C_p\left(\frac{dt}{dv}\right)_p dv + C_v\left(\frac{dt}{dp}\right)_v dp \tag{168}$$

$$\text{und setzen ferner} \quad C_p = c_p \cdot \frac{u_0 + u'}{u}$$

$$\text{und} \quad C_v = c_v \cdot \frac{u_0 + u'}{u_0}$$

$$\text{so wird} \quad dQ = c_p \cdot \frac{u_0 + u'}{u_0 + c_x} \cdot \frac{t}{v} \cdot dv + c_v \cdot \frac{u_0 + u'}{u_0 + c_x} \cdot \frac{t}{p} \cdot dp = t.du'$$

folglich: $$\frac{c_p}{u_0 + c_x} \cdot \frac{dv}{v} + \frac{c_v}{u_0 + c_x} \cdot \frac{dp}{p} = \frac{du'}{u_0 + u'}$$

mithin: $$\left(\frac{v}{v_0}\right)^{c_p} \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)^{c_v} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{u_0 + c_x} \tag{181}$$

Auf adiabatischem Wege wäre $c_x = 0$, indess darf aus (181) nicht gefolgert werden, dass die linke Seite constant sei, denn (181) hat keine Geltung wenn $c_x = 0$ wird. Anders dagegen darf für constantes p und v, C_x mit C_p und C_v angesetzt werden und mit Beachtung von (173), welches man schreiben kann:

$$\left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{u_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_x} \tag{183}$$

folgt: $$\left(\frac{v}{v_0}\right)^{c_p} \left(\frac{p}{p^0}\right)^{c_v} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{c_x} \cdot \left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_x} \tag{184}$$

oder $$\left(\frac{v}{v_0}\right)^{\frac{c_p}{c_x}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{c_v}{c_x}} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)\left(\frac{t}{t_0}\right) \tag{185}$$

Die rechte Seite aber ist $= \left(\frac{v}{v_0}\right)\left(\frac{p}{p_0}\right)$

folglich: $$\left(\frac{v}{v_0}\right)^{\frac{c_p - c_x}{c_x}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{c_v - c_x}{c_x}} = 1 \tag{186}$$

folglich auch $$\left(\frac{v}{v_0}\right)^{c_p - c_x} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{c_p - c_x} = 1 \tag{187}$$

Diese Gleichung zwischen p und v gilt also allgemein für bestimmte c_x. Soll speciell p oder v constant sein, so ist die Gleichung von selbst verificirt. Für adiabaten Fortgang ist sie ungültig, weil $c_x = 0$ den Hauptansatz $c_x \cdot \frac{u_0 + u_1}{u^0}\, dt = t.\ du$ illusorisch macht. Für isothermen Fortgang besagt sie nichts, — es wäre falsch $c_x = \infty$ einsusetzen; sowohl (186) wie (187) führen zu irrigen Schlüssen, der Hauptsatz hat auch jetzt keine Verwendung, da $c_x = \infty$ und $dt = 0$ ist.

Für isothermen Weg bleibt daher nur:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)\left(\frac{v}{v_0}\right) = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right) \cdot \text{const.}$$

und es fehlt uns noch das Mittel, u', v oder p zu eliminiren, — daher erhalten wir bis jetzt noch keine Gleichung zwischen p und v bei constanter Temperatur. Ehe wir weitere Entwickelungen vornehmen sei darauf hingewiesen, dass auf Grund unserer Hypothese

$$\frac{p}{p_0}\cdot\frac{v}{v_0}=\frac{t}{t_0}\cdot\frac{u}{u_0}$$

alle Darstellungen wiederum einen dualen Character annehmen können, dass insbesondere der Doppelansatz berechtigt ist:

$$dQ = c_x\cdot\frac{u_0+u'}{u_0}dt = t.du \quad (188) \qquad dS = \gamma_\xi\cdot\frac{v_0+v'}{v_0}\cdot dp = -p.dv \quad (188^*)$$

wo unter v' die Volumenzunahme zu verstehen ist.

Die Gleichung (188*) bringt keine neue Hypothese, sofern schon aus (65*) und (66*) für Gase die Abhängigkeit der Tensionscapacitäten vom Volumen in derselben Form hervorging, nur ist nach der alten Theorie $\gamma_t = 1$ und $\gamma_u = \frac{c_v}{c_p}$, was jetzt nicht mehr statthat. Uebrigens brauchen γ_t und γ_u nicht experimentell ermittelt zu werden, denn wir werden beweisen, dass bei constanter Temperatur

$$dS_t = \frac{c_p+u_0}{c_v+u_0}\cdot\frac{v}{v^0}\cdot dp$$

und bei constanter Adiabate:

$$dS_u = \frac{c_v}{c_p}\cdot\frac{c_p+u_0}{c_v+u_0}\cdot\frac{v}{v_0}\cdot dp$$

womit denn γ_t und γ_u definirt sind[1]).

Es ist also:

$$dQ = C_p\left(\frac{dt}{dp}\right)_v dp + C_v\left(\frac{dt}{dv}\right)_p dv \quad (189) \qquad dS = \Gamma_t\left(\frac{dp}{dt}\right)_u dt + \Gamma_u\left(\frac{dp}{du}\right)_t du \quad (189^*)$$

$$C_p = c_p\cdot\frac{u_0+u'}{u_0} \quad (190) \qquad \Gamma_t = \gamma_t\cdot\frac{v_0+v'}{v_0} \quad (190^*)$$

$$C_v = c_v\cdot\frac{u_0+u'}{u_0} \quad (191) \qquad \Gamma_u = \gamma_u\cdot\frac{v_0+v'}{v_0} \quad (191^*)$$

$$u = u_0+u' \quad (192) \qquad u = v_0+v' \quad (192^*)$$

$$\frac{p.v}{p_0.v_0} = \frac{u.t}{u_0.t_0} \quad (193)$$

$$dQ = C_x.dt = t.du \quad (194) \qquad dS = \Gamma_\xi.dp = -p.dv \quad (194^*)$$

$$C_x = c_x\frac{u_0+u'}{u_0} \quad (195) \qquad \Gamma_\xi = \gamma_\xi\frac{v_0+v'}{v_0} \quad (195^*)$$

---

1) Anm. Auf den vorhandenen Dualismus bin ich erst später aufmerksam geworden, nachdem alle folgenden Entwickelungen der linken Seite vollendet waren. Ich empfehle dem Leser auch zunächst links der Darstellung folgen zu wollen.

folglich: $c_x \frac{dt}{t} = u_0 \frac{du'}{u_0 + u'}$ (196)

woraus: $\left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_x} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{u_0}$ (197)

folglich mit Beachtung von (175)

bei constantem Druck p:

$\frac{v_0 + v'}{v_0} = \frac{u_0 + u'}{u_0} \cdot \frac{t}{t_0} \cdot \text{const.}$ (198)

$\left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_p} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{u_0}$ (199)

und aus beiden:

$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{u_0 + c_p}{u_0}} \cdot \text{const.}$ (200)

bei constantem Volumen v:

$\frac{p}{p_0} = \frac{u}{u_0} \cdot \frac{t}{t_0} \cdot \text{const.}$ (201)

$\left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_v} = \left(\frac{u_0 + u'}{u_0}\right)^{u_0}$ (202)

und aus beiden:

$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\frac{u_0 + c_v}{c_v}}$ (203)

folglich: $\gamma_\xi \cdot \frac{dp}{p} = -v_0 \cdot \frac{dv'}{v_0 + v'}$ (196*)

woraus: $\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\gamma_\xi} = \left(\frac{v_0 + v'}{u_0}\right)^{-v_0}$ (197*)

folglich mit Beachtung von (175)

bei constanter Temperatur t:

$\frac{u_0 + u'}{u_0} = \frac{v_0 + v'}{v_0} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \text{const.}$ (198*)

$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\gamma_t} = \left(\frac{v_0 + v'}{v_0}\right)^{-v_0}$ (199*)

und aus beiden:

$\frac{u}{u_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{v_0 - \gamma_t}{v_0}} \cdot \text{const.}$ (200*)

bei constanter Adiabate u:

$\frac{t}{t_0} = \frac{v}{v_0} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \text{const.}$ (201*)

$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\gamma_u} = \left(\frac{v_0 + v'}{v_0}\right)^{-v_0}$ (202*)

und aus beiden:

$\frac{t}{t_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_u}}$ (203*)

Hierzu führen wir eine Constante r ein:

$r = \frac{p_0 . v_0}{t_0 . u_0} = \frac{p . v}{t . u}$ (204)

$\frac{1}{r} = \frac{t_0 . u_0}{p_0 . v_0} = \frac{t . u}{p . v}$ (204*)

so dass wir statt des gewöhnlichen Gay-Lussac'schen Gesetzes jetzt erhalten:

$p . v = r . u . t$ (205)

$t . u = \frac{p . v}{r}$ (205*)

mit anderen Worten: es tritt statt $R = \frac{p_0 . v_0}{t_0}$ hier eine variable Grösse ein $r . u = \frac{p_0 . v_0}{t_0 . u_0} \cdot u$.

Eine Relation bei constantem t, resp. u ist auf dieser Seite noch nicht zu gewinnen, weil eine Gleichung als Analogon zu (199) und (202) fehlt.

Eine Relation bei constantem p und resp. v ist auf dieser Seite noch nicht zu gewinnen, weil eine Gleichung als Analogon zu (199*) und (202*) fehlt.

Bei der gewöhnlichen Gastheorie verhält sich das ganz anders, denn aus $c_u . dt = t . du$ (206)

folgte $\left(\frac{t}{t_0}\right)^{c_x} = e^{u-u_0}$ und aus der I. Hauptgleichung (189) erhält man unter Hinzuziehung von (206), (63*) und (60)

$$(c_x - c_p)\frac{dp}{p} + (c_x - c_v)\frac{dv}{v} = 0 \qquad (207)$$

Das Integral dieser Gleichung bringt in der Form

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^{c_x - c_p}\left(\frac{v}{v_0}\right)^{c_x - c_v} = 1 \qquad (208)$$

alle Fälle, selbst $c_x = 0$ und $c_x = \infty$ nicht ausgenommen. Aus dem Gay-Lussac'schen Gesetze folgt für constante Temperatur sofort $\frac{pv}{p_0 v_0} = 1$, hier dagegen ergiebt (193) stets eine Gleichung zwischen drei Veränderlichen, von welchen mithin noch eine eliminirt werden muss. Die vier Gleichungen (198), (198*), (201) und (201*) erschöpfen die vier Hauptfälle je eines constanten Parameters, nur darf bei diesen Gleichungen nie vergessen werden, dass stets eine der drei vorkommenden Grössen eine bestimmte Function der beiden anderen ist, — mit anderen Worten: es dürfen nicht zwei Veränderliche willkührlich angenommen und die dritte daraus berechnet werden, sondern, wenn eine Grösse angenommen ist, so sind die beiden andern bestimmt.

Ueberraschend tritt uns besonders (201*) entgegen, da diese Gleichung ganz so aussieht wie das gewöhnliche Gay-Lussac'sche Gesetz, während dieselbe hier ganz etwas anderes bedeutet, sie gilt eben nur für adiabaten Weg. Weder p, v noch t dürfen hier constant gedacht werden, vielmehr ist das Product $p.v$ eine Function von t, so wie links in (201) $t.u$ eine Function von p ist. Trotz dieses bedeutenden Unterschiedes der Formeln gegen die sogenannte Theorie der ideellen Gase, ist quantitativ in allen vorstehenden Ansätzen kein grösserer Unterschied vorhanden, als etwa wie ein solcher in der bekannten Abweichung vom Mariotte'schen Gesetze zu suchen ist. Die nachfolgenden Entwickelungen werden dieses klären.

Auf Grund unserer Gleichungen (198) bis (203), beiderseits, erhalten wir folgende

Differentialquotienten der Parameter:

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_p = \frac{c_p}{u_0}\cdot\frac{u}{t} = -\frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u}\cdot\frac{u}{t} \qquad (209) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_t = -\frac{\gamma_t}{v_0}\cdot\frac{v}{p} = -\frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v}\cdot\frac{v}{p} \qquad (209^*)$$

$$\left(\frac{dt}{dv}\right)_p = \frac{u_0}{u_0 + c_p}\cdot\frac{t}{v} = -\frac{v_0}{v_0 - \gamma_t}\cdot\frac{p}{u} \qquad (210) \qquad \left(\frac{dp}{du}\right)_t = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u}\cdot\frac{p}{u} = -\frac{u_0}{u_0 + c_p}\cdot\frac{t}{v} \qquad (210^*)$$

$$\left(\frac{du}{dv}\right)_p = \frac{u_0 + c_p}{c_p}\cdot\frac{v}{u} = \frac{v_0 - \gamma_u}{v_0 - \gamma_t}\cdot\frac{t}{p} \qquad (211) \qquad \left(\frac{du}{dv}\right)_t = -\frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t}\cdot\frac{u}{v} = \frac{u_0 + c_v}{u_0}\cdot\frac{p}{t} \qquad (211^*)$$

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_v = \frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u}{t} = -\frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot \frac{u}{t} \quad (212) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_u = -\frac{\gamma_u}{v_0} \cdot \frac{v}{p} = -\frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot \frac{v}{p} \quad (212^*)$$

$$\left(\frac{dt}{dp}\right)_v = \frac{u_0}{u_0 + c_v} \cdot \frac{t}{p} = -\frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} \cdot \frac{v}{u} \quad (213) \qquad \left(\frac{dp}{dt}\right)_u = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u} \cdot \frac{p}{t} = \frac{c_p}{u_0 + c_p} \cdot \frac{u}{v} \quad (213^*)$$

$$\left(\frac{dp}{du}\right)_v = \frac{u_0 + c_v}{c_v} \cdot \frac{p}{u} = \frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_u} \cdot \frac{t}{v} \quad (214) \qquad \left(\frac{dt}{dv}\right)_u = -\frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_u} \cdot \frac{t}{v} = -\frac{u_0 + c_v}{c_v} \cdot \frac{p}{u} \quad (214^*)$$

Beiderseits sind hier die zuerst verzeichneten Werthe durch directe Differentiation der Hauptrelationen (198) bis (204) erhalten worden. Dagegen ist beiderseits die beigefügte Reihe von Werthen auf Grund der Beziehungen (6) oder (3) und der Gleichungen (29) bis (32) auf Seite 13 gewonnen, denn weil rechts t und u constant waren, konnten nur auf diesem Wege Ausdrücke in u_0, c_p und c_v gefunden werden. Man bemerke noch, dass vorstehend die Werthe von (210) und (210*) identisch sind, nur mit entgegengesetztem Zeichen, desgleichen ist (211) = (213*) und (213) = (211*).

In (210) und (211) können die variablen Quotienten leicht durch andere ersetzt werden, da

$$\frac{p}{u} = \frac{t}{v} \cdot r \quad (215) \qquad \frac{t}{v} = \frac{p}{u} \cdot \frac{1}{r} \quad (215^*)$$

Auch r kann jetzt bestimmt werden. Es war nach (33) und (33*)

$$\left(\frac{dt}{dv}\right)_p \cdot \left(\frac{du}{dp}\right)_v - \left(\frac{dt}{dp}\right)_v \cdot \left(\frac{du}{dv}\right)_p = -1 \qquad \left(\frac{dp}{du}\right)_t \cdot \left(\frac{dv}{dt}\right)_u - \left(\frac{dp}{dt}\right)_u \cdot \left(\frac{dv}{du}\right)_t = -1$$

Setzt man hier die soeben entwickelten Werthe ein, so folgt

$$r = \frac{(c_p - c_v)\, u_0}{(u_0 + c_p)\,(u_0 + c_v)} \quad (216) \qquad \frac{1}{r} = \frac{v_0 (\gamma_u - \gamma_t)}{(v_0 - \gamma_t)\,(v_0 - \gamma_u)} \quad (216^*)$$

welche Gleichungen man auch schreiben kann:

$$r = \frac{c_p - c_v}{u_0 \left(1 + \frac{c_p}{u_0}\right)\left(1 + \frac{c_v}{u_0}\right)} \quad (217) \qquad \frac{1}{r} = \frac{\gamma_u - \gamma_t}{v_0 \left(1 - \frac{\gamma_t}{v_0}\right)\left(1 - \frac{\gamma_u}{v_0}\right)} \quad (217^*)$$

Während also sonst die Differenz $C_p - C_v = R$ (der Dimension nach eine Entropie) oder mit anderer Einheit $= A.R$ war, so ist jetzt r eine reine Zahl:

$$r.\left(1 + \frac{c_p}{u_0}\right)\left(1 + \frac{c_v}{u_0}\right) = \frac{c_p - c_v}{u_0} = \frac{C_p - C_v}{u}.$$

Der Factor von r ist nur wenig grösser als 1. — Die Beziehung des Wärmeäquivalentes A zu den Tensionsarbeitscapacitäten Γ findet Ausdruck in den Gleichungen (51) bis (53), sofern der Ueberschuss an Arbeit den Werth γ_t stets grösser als γ_u erscheinen lässt. In letzterem

Falle wächst bei einer Compression, — da u constant, also keine Wärme zugeführt wird — der Druck schneller um die Einheit, daher also

$$\gamma_t > \gamma_u$$

Nach der gewöhnlichen Gastheorie ist $\gamma_t = v_0$; hier sehen wir aus (216*) da r stets positiv ist, dass stets

$$\gamma_t > v_0 \quad \text{und} \quad \gamma_u = \frac{\gamma_t}{k} < v_0.$$

Sowohl die beiderseitigen Gleichungen (217), wie auch alle die (209) bis (214), ergeben Beziehungen zwischen c_p, c_v, γ_t, γ_u, u_0 und v_0, und müssen zuvor die variablen Grössen in (210) und (211), (213) und (214) beiderseitig durch (215) auf gleiche Variable gebracht werden. Das ergiebt, wenn wir der Einfachheit wegen die übrigen Werthe unverändert wiederholen,

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_p = \frac{c_p}{u_0} \cdot \frac{u}{t} = -\frac{v_0 - \gamma t}{v_0 - \gamma_u} \cdot \frac{u}{t} \qquad (218) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_t = -\frac{\gamma t}{v_0} \cdot \frac{v}{p} = -\frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot \frac{v}{p} \qquad (218^*)$$

$$\left(\frac{dt}{dv}\right)_p = \frac{u_0}{u_0 + c_p} \cdot \frac{t}{v} = \frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_t - \gamma_u} \cdot \frac{t}{v} \qquad (219) \qquad \left(\frac{dp}{du}\right)_t = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_t} \cdot \frac{p}{u} = \frac{u_0 + c_v}{c_p - c_v} \cdot \frac{p}{u} \qquad (219^*)$$

$$\left(\frac{dv}{du}\right)_p = \frac{u_0 + c_p}{c_p} \cdot \frac{v}{u} = -\frac{\gamma_t - \gamma_u}{v_0 - \gamma_t} \cdot \frac{v}{u} \qquad (220) \qquad \left(\frac{du}{dv}\right)_t = -\frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t} \cdot \frac{u}{v} = \frac{c_p - c_v}{u_0 + c_p} \cdot \frac{u}{v} \qquad (220^*)$$

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_v = \frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u}{t} = -\frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot \frac{u}{t} \qquad (221) \qquad \left(\frac{dv}{dp}\right)_u = -\frac{\gamma_u}{v_0} \cdot \frac{v}{p} = -\frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot \frac{v}{p} \qquad (221^*)$$

$$\left(\frac{dt}{dp}\right)_v = \frac{u_0}{u_0 + c_v} \cdot \frac{t}{p} = \frac{\gamma_t (v_0 - \gamma_u)}{v_0 (\gamma_t - \gamma_u)} \cdot \frac{t}{p} \qquad (222) \qquad \left(\frac{dp}{dt}\right)_u = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u} \cdot \frac{p}{t} = \frac{c_p (u_0 + c_v)}{u_0 (c_p - c_v)} \cdot \frac{p}{t} \qquad (222^*)$$

$$\left(\frac{dp}{du}\right)_v = \frac{u_0 + c_v}{c_v} \cdot \frac{p}{u} = -\frac{v_0 (\gamma_t - \gamma_u)}{\gamma_u (v_0 - \gamma_t)} \cdot \frac{p}{u} \qquad (223) \qquad \left(\frac{dt}{dv}\right)_u = -\frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_u} \cdot \frac{t}{v} = -\frac{u_0 (c_p - c_v)}{c_v (u_0 + c_v)} \cdot \frac{t}{v} \qquad (223^*)$$

Man bemerke, dass nach dem Lehrsatz auf Seite 10 richtig die Producte je dreier isobater Coefficienten $= +1$ ist, was sich hier achtmal verificiren lässt. Ferner ergeben sich die interessanten und wichtigen Relationen:

$$c_p = -u_0 \frac{1 - \frac{\gamma_t}{v_0}}{1 - \frac{\gamma_u}{v_0}} \qquad (224) \qquad \gamma_t = v_0 \frac{1 + \frac{c_p}{u_0}}{1 + \frac{c_v}{u_0}} \qquad (224^*)$$

$$c_v = -u_0 \cdot \frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{1 - \frac{\gamma_t}{v_0}}{1 - \frac{\gamma_u}{v_0}} \qquad (225) \qquad \gamma_u = v_0 \cdot \frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{1 + \frac{c_p}{u_0}}{1 + \frac{c_v}{u_0}} \qquad (225^*)$$

wodurch unser obiger Befund über die Werthe von γ_t und γ_u vollends bestätigt wird,

indem stets $\gamma_t > v_0$ und $\gamma_u < v_0$. Auch lassen diese Gleichungen den absoluten Betrag dieser Coefficienten erkennen, wobei ausdrücklich betont werden darf, dass über die Anfangszustände keinerlei Voraussetzung gemacht ist. Nur haben alle Constanten c_p, c_v, γ_t, γ_u ebenso wie v_0 und u_0 andere Werthe, jenachdem man die Anfangszustände wählt.

Da man stets die c-Grössen experimentell zu bestimmen gesucht hat, so liegt es nahe die γ-Grössen zu berechnen. Andrerseits aber, — wenn das leicht messbare Volumen v_0 sowie c_p und c_v bekannt sind, so brauchte man nur noch γ_t oder γ_u zu messen, um die Anfangsadiabate in absoluten Entropieen zu erhalten, denn es ist:

$$u_0 = -\frac{v_0 \cdot c_p - \gamma_t \cdot c_v}{v_0 - \gamma_t} \qquad (226) \qquad\qquad v_0 = \frac{u_0 \cdot \gamma_t + c_p \cdot \gamma_u}{u_0 + c_p} \qquad (226^*)$$

oder da $\gamma_t . c_v = \gamma_u . c_p$, sowie auch aus (224) direct:

$$u_0 = -c_p \frac{1 - \frac{\gamma_u}{v_0}}{1 - \frac{\gamma_t}{v_0}} \qquad (227) \qquad\qquad v_0 = \gamma_t \frac{1 + \frac{c_0}{u_0}}{1 + \frac{c_p}{u_0}} \qquad (227^*)$$

Die erstere Gleichung (226) resp. (226*) enthält nur γ_t und nicht γ_u, resp. c_p und nicht c_v.

Auch hier wie überall sieht man, dass die Adiabate wesentlich positiv ist, d. h. eine bestimmte positive Anzahl von Entropieen haben muss, gerade so wie ein Volumen eine Anzahl von Cubikmetern enthält.

Der Vollständigkeit wegen lasse ich noch die Capacitäten in Doppelausdrücken jederseits folgen. Beiläufig wurden v_0 und u_0 nicht wegdividirt, damit die Formeln einfacher aussehen. Der Leser wird die Operation leicht in Gedanken ausführen.

Wärmecapacitäten:		Arbeitscapacitäten:	
$C_p = \frac{c_p}{u_0} u = -\frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot u$	(228)	$\Gamma_t = \frac{\gamma_t}{v_0} \cdot v = \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v$	(228*)
$C_v = \frac{c_v}{u_0} u = -\frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot u$	(229)	$\Gamma_u = \frac{\gamma_u}{v_0} v = \frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v$	(229*)
$F_v = \frac{c_v (u_0 + c_p)}{u_0 (c_p - c_v)} \cdot v = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot v$	(230)	$\Phi_u = -\frac{\gamma_u}{v_0} \cdot \frac{(v_0 - \gamma_t)}{(\gamma_t - \gamma_u)} \cdot u = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot u$	(230*)
$F_t = -\frac{u_0 + c_p}{u_0} \cdot v = -\frac{\gamma_t - \gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot v$	(231)	$\Phi_p = \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0} \cdot u = -\frac{c_p - c_v}{u_0 + c_v} \cdot u$	(231*)
$L_t = \frac{u_0 + c_v}{u_0} \cdot p = -\frac{v_0}{\gamma_t} \cdot \frac{\gamma_t - \gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot p$	(232)	$\Lambda_p = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \cdot t = \frac{u_0}{c_p} \cdot \frac{c_p - c_v}{u_0 + c_v} \cdot t$	(232*)
$L_p = \frac{c_p}{u_0} \cdot \frac{u_0 + c_v}{c_p - c_v} \cdot p = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u} \cdot p$	(233)	$\Lambda_t = -\frac{\gamma_t}{v_0} \cdot \frac{(v_0 - \gamma_u)}{(\gamma_t - \gamma_u)} \cdot t = -\frac{u_0}{u_0 + c_v} \cdot t$	(233*)

Diese Ausdrücke gestalten sich noch einfacher, wenn man r einführt. Um aber Wiederholungen zu vermeiden, gehen wir sogleich einen kleinen Schritt weiter und entwickeln analog den Constanten c_x und γ_ξ, nun auch die übrigen, indem wir auf Grund der gefundenen Beziehungen setzen:

$$F_x = f_x \cdot \frac{v_0 + v'}{v_0} \qquad (234) \qquad\qquad \Phi_\xi = \varphi_\xi \cdot \frac{u_0 + u'}{u_0} \qquad (234^*)$$

$$L_x = l_x \cdot \frac{p'}{p_0} \qquad (235) \qquad\qquad \Lambda_\xi = \lambda_\xi \cdot \frac{t}{t_0} \qquad (235^*)$$

und erhalten:

Wärmecapacitäten bei constanten Hauptparametern		Arbeitscapacitäten bei constanten Hauptparametern	
$p,\ v,\ t$:		$t,\ u,\ p$:	
$c_p = \frac{c_p}{u_0} \cdot u_0 = \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot u_0$	(236)	$\gamma_t = \frac{\gamma_t}{v_0} \cdot v_0 = \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v_0$	(236*)
$c_v = \frac{c_v}{u_0} \cdot u_0 = -\frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u}$	(237)	$\gamma_u = \frac{\gamma_u}{v_0} \cdot v_0 = \frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v_0$	(237*)
$f_v = \frac{1}{r} \cdot \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot v_0 = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot v_0$	(238)	$\varphi_u = r \cdot \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot u_0 = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot u_0$	(238*)
$f_t = -\frac{u_0 + c_p}{u_0} \cdot v_0 = \frac{1}{r} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0} \cdot v_0$	(239)	$\varphi_p = \frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \cdot u_0 = -r \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0} \cdot u_0$	(239*)
$l_t = \frac{u_0 + c_v}{u_0} \cdot p_0 = -\frac{1}{r} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t} \cdot p_0$	(240)	$\lambda_p = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \cdot t_0 = -r \cdot \frac{u_0 + c_p}{c_p} \cdot t_0$	(240*)
$l_p = \frac{1}{r} \cdot \frac{c_p}{u_0 + c_p} \cdot p_0 = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u} \cdot p_0$	(241)	$\lambda_t = r \cdot \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} \cdot t_0 = -\frac{u_0}{u_0 + c_v} \cdot t_0$	(241*)

Mit Hülfe dieser Werthe lässt sich für Gase die Energie als Function irgend zweier Parameter erhalten. Wir hatten allgemein für alle Aggregatformen die Differentialquotienten entwickelt. In jene Gleichungen (86) bei (91) brauchen wir nur vorstehende Werthe einzusetzen und erhalten:

Differentialquotienten der inneren Energie:

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_u = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot u = r \cdot \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot u \qquad (242) \qquad\qquad \left(\frac{dE}{dp}\right)_v = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} v \qquad (242^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dv}\right)_u = -p \qquad (243) \qquad\qquad \left(\frac{dE}{du}\right)_v = t \qquad (243^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dp}\right)_u = \frac{c_v}{c_p} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v = \frac{\gamma_u}{v_0} v \qquad (244) \qquad \left(\frac{dE}{dt}\right)_v = \frac{c_v}{u_0} \cdot u \qquad (244^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dv}\right)_t = \frac{c_v}{u_0} p = -\frac{\gamma_u}{\gamma_t} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot p \qquad (245) \qquad \left(\frac{dE}{du}\right)_p = \frac{\gamma_u}{v_0} \cdot t \qquad (245^*)$$

$$\left(\frac{dE}{dp}\right)_t = -\frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot v = \frac{\gamma_u (v_0 - \gamma_t)}{\gamma_t (v_0 - \gamma_u)} v \qquad (246) \qquad \left(\frac{dE}{dt}\right)_p = -\frac{\gamma_u}{v_0} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{v_0 - \gamma_u} \cdot u = \frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot u \qquad (246^*)$$

$$\left(\frac{dE}{du}\right)_t = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot t = -\frac{\gamma_u (v_0 - \gamma_t)}{v_0 (\gamma_t - \gamma_u)} t \qquad (247) \qquad \left(\frac{dE}{dv}\right)_p = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot p = \frac{c_v (u_0 + c_p)}{u_0 (c_p - c_v)} \cdot p \qquad (247^*)$$

Die Combination von (242) mit (247) sowie von (242*) mit (247*) giebt:

$$E = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot t.u \qquad (248) \qquad E = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot p.v \qquad (248^*)$$

$$E = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot \frac{p.v}{r} \qquad (249) \qquad E = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot r.t.u \qquad (249^*)$$

$$E = \frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u_0 + c_p}{u_0 + c_v} \cdot p.v \qquad (250) \qquad E = -\frac{\gamma_u}{v_0} \cdot \frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t - \gamma_u} \cdot t.u \qquad (250^*)$$

Ein jeder der obigen 12 Differentialquotienten kann durch vorstehende 6 Ausdrücke von E verificirt werden. Zugleich sieht man, dass dem bekannten Ausdruck der gewöhnlichen Theorie $E = c_v.t$ analog wir erhalten:

$$E = \frac{C_v}{1 + \frac{c_v}{u_0}} \cdot t \qquad E = \frac{\Gamma_u}{1 - \frac{\gamma_u}{v_0}} \cdot p$$

$$= \frac{c_v.t.u}{u_0\left(1 + \frac{c_v}{u_0}\right)} \qquad (251) \qquad = \frac{\gamma_u.p.v}{v_0\left(1 + \frac{\gamma_u}{v_0}\right)} \qquad (251^*)$$

wo eben C_v und Γ_u variable Functionen sind, weil proportional u, resp. v. Beispielsweise wird richtig $\left(\frac{dE}{dv}\right)_u = -p$ und $\left(\frac{dE}{du}\right)_v = t$, denn

$$\left(\frac{dE}{dv}\right)_u = \frac{C_v}{1 + \frac{c_v}{u_0}} \cdot \left(\frac{dt}{dv}\right)_u \qquad \left(\frac{dE}{du}\right)_v = \frac{\Gamma_u}{1 - \frac{\gamma_u}{v_0}} \cdot \left(\frac{dp}{du}\right)_v$$

und nach Gleichung (223*): und nach Gleichung (223):

$$= -\frac{c_v}{u_0} \cdot \frac{u_0}{c_v} \cdot \frac{(c_p - c_v).u_0}{(u_0 + c_v)(u_0 + c_p)} \cdot \frac{t}{v} \cdot u \qquad = -\frac{v_0}{\gamma_u} \cdot \frac{\gamma_u (\gamma_t - \gamma_u)}{(v_0 - \gamma_u)(v_0 - \gamma_t)} \cdot \frac{p}{u} \cdot v$$

$$= -r \cdot \frac{u.t}{v} = -p \qquad = r \cdot t \cdot \frac{1}{r} = t$$

Mit anderen Parametern erhält man E aus der Hauptgleichung

$$dE = tdu - pdv$$

$$\text{da} \quad E = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot t.u = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot \frac{p.v}{r}$$

$$\text{so folgt} \quad \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot \frac{dE}{E} = \frac{du}{u} - r \cdot \frac{dv}{v}$$

$$\text{woraus} \quad \left(\frac{E}{E_0}\right)^{\frac{c_v}{u_0 + c_v}} = \frac{u}{u^0} \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{-r} \tag{252}$$

eine Gleichung, welche wir bald für das Ausströmungsproblem benutzen werden, da dieselbe bei constant bleibender Energie die Aenderung der Adiabate bei der Expansion des Gases berechnen lässt, woraus man die absolute Temperaturänderung als Function der Anfangswerthe und der Volumänderung erhält, denn wenn E constant bleibt, wird

$$u = u_0 \left(\frac{v}{v_0}\right)^r$$

$$\text{oder} \quad u = u_0 + u' = u_0 \left(\frac{v_0 + v'}{v_0}\right)^r \tag{253}$$

$$\text{folglich} \quad u' = u_0 \left\{\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right)^r - 1\right\} \tag{254}$$

Andererseits ist, wenn E constant ist, nach (248)

$$t.u = t_0 . u_0$$

$$\text{oder} \quad \frac{u_0 + u'}{u_0} \cdot \frac{t_0 + t'}{t_0} = 1 \tag{255}$$

$$\text{folglich} \quad t' = -\frac{t_0 . u'}{u_0 + u'} \tag{256}$$

Setzt man hier (253) und (254) ein, so kommt die Temperaturänderung

$$t' = -t_0 \frac{\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right)^r - 1}{\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right)^r} \tag{257}$$

ein Ausdruck, dessen quantitative Bestimmung leider von der Anfangsadiabate u_0 abhängt, da letzteres in r steckt, so dass t' vorläufig nur geschätzt werden kann, worüber später. Je grösser r, um so grösser wird t'. Ist die Anfangadiabate sehr gross, wie bei den permanenten Gasen, so ist eine sehr geringe Temperaturänderung t' beim Ausströmen ins Vacuum

zu erwarten. Der Werth von t' ist stets negativ, da beim Ausströmen ins Vacuum die Adiabate durchaus wächst[1]), man erhält dieses Resultat sowohl aus (256), wie noch directer aus (257).

Ich lasse noch die Werthe der Functionen $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{T}$, und $\mathfrak{N}$ folgen. Es wird

$$\mathfrak{F} = E - t.u = -\frac{u_0}{u_0 + c_v} \cdot t \cdot u \qquad \mathfrak{T} = E + p.v = \frac{v_0}{v_0 - \gamma_u} \cdot p \cdot v$$

$$= -\frac{u_0 + c_p}{c_p - c_v} \cdot p \cdot v \qquad (258) \qquad = -\frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t - \gamma_u} \cdot t \cdot u \qquad (258^*)$$

$$-\frac{u_0}{c_p + u_0} \cdot u \cdot t = -\frac{u_0 + c_v}{c_p - c_v} \cdot p \cdot v = \mathfrak{N} = -\frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_t - \gamma_u} \cdot t \cdot u = -\frac{v_0}{v_0 - \gamma_t} \cdot p \cdot v \quad (259)$$

Hieraus folgt, dass für Gase die freie Energie $\mathfrak{F}$ eine stets negative Grösse ist, da stets $E < t.u$, eine Thatsache, die wie mir scheint, gegen die Berechtigung der gewählten Terminologie spricht, und nicht etwa eine Folge unserer Hypothese ist. Ein Blick auf Gleichung (251) zeigt, dass quantitativ E fast genau ebenso gross ist, wie in der gewöhnlichen Theorie, wo $E = C_v.t$ gesetzt wird, wenn für $t = 0^0$ abs. auch $E = 0$ sein soll. Mithin wäre $\mathfrak{F} = E - t.u = t\,(c_v - u)$, und dass $c_v > u$ sei, darf wohl nicht behauptet werden. Die Ungewissheit der Constantenbestimmung in der gewöhnlichen Theorie hängt mit der bekannten Annahme einer constanten specifischen Wärme zusammen, während wir im Stande waren, zugleich mit allen vier Parametern auch jede Art Energie E, $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{T}$ oder $\mathfrak{N}$ verschwinden zu lassen.

Die Zufuhr von Wärme oder Arbeit gestaltet sich für Gase folgendermaassen auf Grund der Gleichungen (75), (80) und (85), wenn man die Capacitäten den Formeln (236) bis (241) entnimmt:

$$dQ = \frac{1}{r}\left\{\frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot v \cdot dp + \frac{c_p}{u_0 + c_p} \cdot p \cdot dv\right\} \quad (260) \qquad dS = r\left\{\frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot u \cdot dt + \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} \cdot t \cdot du\right. \quad (260^*)$$

$$= \frac{u_0 + c_v}{u_0} \cdot p \cdot dv + \frac{c_v}{u_0} \cdot u \cdot dt \qquad (261) \qquad = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \cdot t \cdot du + \frac{\gamma_u}{v_0} \cdot v \cdot dp \qquad (261^*)$$

$$= \frac{c_p}{u_0} \cdot u \cdot dt - \frac{u_0 + c_p}{u_0} \cdot v \cdot dp \qquad (262) \qquad = \frac{\gamma_t}{v_0} \cdot v \cdot dp + \frac{v_0 - \gamma_u}{u_0} \cdot u \cdot dt \qquad (262^*)$$

Diese Gleichungen integriren wir für die Hauptfälle, wo die

Parameter p, v, t Parameter t, u, p

1) Pogg. Ann. Ergbd. 1876. VII. pag. 108, oben.

constant sind, und bezeichnen:

die Wärmezufuhr bei constantem x mit Q_x — die Arbeitszufuhr bei constantem ξ mit S_ξ

so dass x und ξ die Aenderungen bedeuten.

$$Q_p - Q_p{}^0 = \frac{c_p}{r(u_0 + c_p)} p_0 (v - v_0) \quad (263) \qquad S_t - S_t{}^0 = r \cdot \frac{\gamma_t}{v_0 + \gamma_t} \cdot t_0 (u - u_0) \quad (263^*)$$

$$= \frac{c_p}{u_0 + c_p} (t \cdot u - t_0 . u_0) \quad (264) \qquad = \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} (p \cdot v - p_0 . v_0) \quad (264^*)$$

und der absolute Wärmeinhalt bei v_0: — und der absolute Arbeitsinhalt bei u_0:

$$Q_p{}^0 = \frac{c_p}{u_0 + c_p} \cdot t_0 \cdot u_0 \quad (265) \qquad S_t{}^0 = \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} \cdot p_0 \cdot v_0 \quad (265^*)$$

Wie diese Gleichungen aus (260) gewonnen werden, so erhält man dasselbe aus (262), wenn man (199) benutzt.

Ferner ist: — Ferner ist:

$$Q_v - Q^0{}_v = \frac{1}{r} \cdot \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot v_0 (p - p_0) \quad (266) \qquad S_u - S_u{}^0 = r \cdot \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} \cdot u_0 (t - t_0) \quad (266^*)$$

$$= \frac{c_v}{u_0 + c_v} (t . u - t_0 u_0) \quad (267) \qquad = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} (p . v - p_0 . v_0) \quad (267^*)$$

und $Q^0{}_v = \frac{c_v}{u_0 + c_v} \cdot t_0 . u_0 \quad (268)$ — und $S_v{}^0 = \frac{\gamma_u}{v_0 - \gamma_u} p_0 . v_0 \quad (268^*)$

Endlich noch: — Endlich noch:

$$Q_t - Q_t{}^0 = \frac{u_0 + c_p}{u_0} \int_{v_0}^{v} p . dv \quad (269) \qquad S_p - S_p{}^0 = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \int_{u_0}^{u} t . du \quad (269^*)$$

$$= \frac{u_0 + c_p}{u_0} p_0 \int_{v_0}^{v} \left(\frac{v}{v_0}\right)^{-\frac{v_0}{\gamma_t}} \cdot dv \quad (270) \qquad = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} t_0 \int_{u_0}^{u} \left(\frac{u}{u_0}\right)^{\frac{u_0}{c_p}} du \quad (270^*)$$

$$= \frac{u_0 + c_v}{u_0} \cdot p_0 \cdot \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} v_0 \left\{ \left(\frac{v}{v_0}\right)^{-\frac{v_0 - \gamma_t}{\gamma_t}} - 1 \right\} \quad (271) \qquad = -\frac{v_0 - \gamma_u}{\gamma_u} \cdot t_0 \cdot \frac{c_p}{u_0 + c_p} u_0 \left\{ \left(\frac{u}{u_0}\right)^{\frac{u_0 + c_p}{u_0}} - 1 \right\} \quad (271^*)$$

$$= \frac{u_0 + c_v}{u_0} \cdot \frac{\gamma_t}{v_0 - \gamma_t} (pv - p_0 v_0) \quad (272) \qquad = -\frac{v_0 - \gamma_u}{v_0} \cdot \frac{c_p}{u_0 + cp} (t . u - t_0 u_0) \quad (272^*)$$

$$= \frac{1}{r} (pv - p_0 v_0) \quad (273) \qquad = -r (t . u - t_0 . u_0) \quad (273^*)$$

$$= t . u - t_0 . u_0 \quad (274) \qquad = -(p . v - p_0 . v_0) \quad (274^*)$$

und $Q_t^0 = t_0 . u_0 = \mathfrak{G}_0$ (275)

mithin ist bei t_0 und u_0 der absolute Wärmeinhalt, auf dem Wege t = const. mitgetheilt, $= \mathfrak{G}_0$, d. h. = der gebundenen Energie.

Auch ist $Q_v^0 - Q_p^0 = -p_0 v_0 = S_p^0$ (276)

und $Q_t^0 = S_u^0 - S_t^0 = \mathfrak{G}_0$ (277)

Endlich noch $r = \frac{S_p^0}{Q_t^0}$ (278)

und $S_p^0 = -p_0 . v_0 = \mathfrak{A}_0$ (275*)

mithin ist bei p_0 und v_0 der absolute Arbeitsinhalt auf dem Wege p = const. mitgetheilt $= \mathfrak{A}_0$, d. h. = der verlorenen Energie.

Auch ist $S_u^0 - S_t^0 = t_0 u_0 = Q_t^0$ (276*)

und $S_p^0 = Q_v^0 - Q_p^0 = \mathfrak{A}_0$ (277*)

Endlich noch $\frac{1}{r} = \frac{Q_t^0}{S_p^0}$ (278*)

2. Abweichung von Mariotte's Gesetz und Joule's Ausströmungsproblem.

Eine vollkommene Uebereinstimmung der Theorie mit der Beobachtung steht nicht zu erwarten, da sämmtliche Gase bei höherem Druck sich der flüssigen Aggregatform nähern und dem Druck bei hohen Pressionen immer mehr widerstehen, ähnlich dem Wasserstoff. Hat doch in sinnreicher Weise kürzlich Jamin die These aufgestellt, der Wasserstoff sei bei gewöhnlicher Temperatur eine Flüssigkeit, — sofern oberhalb der kritischen Temperatur sich noch ein kritischer Punkt bezeichnen lässt, bei welchem die Compressibilität des Körpers aus der Modalität flüssiger Aggregatform in die der gasförmigen hinübertritt. Unsere Gleichungen aber beziehen sich in diesem III. Abschnitt nur auf Gase. Es war bei

$$\text{constanter Temperatur } \frac{p}{p_0} . \frac{v}{v_0} = \text{const.} \frac{u_0 + u'}{u_0} \tag{279}$$

$$\text{oder } \frac{p}{p_0} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{-\frac{v_0}{\gamma t}} \tag{280}$$

$$\text{hieraus folgt } \frac{p . v}{p_0 . v_0} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{1-\frac{v_0}{\gamma t}} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1-\frac{\gamma t}{v_0}} \tag{281}$$

Nach (279) können wir nicht rechnen, weil u' in complicirter Weise sich ändert. Nach (280) aber lassen sich jene Zahlen behandeln, wo für bestimmte Variation des Volumens bei constant gehaltener Temperatur der Druck p gemessen worden ist. In nachstehender Tabelle findet man nach Regnault's Beobachtungen in Col. I das Volumen, in Col. II den beobachteten Druck, in Col. III, V und VII drei verschiedene Berechnungen nach Gleichung (280) und zwar in Col. III mit $\frac{v_0}{\gamma t} = 0{,}9957$, wo eine Ausgleichung der Abweichungen, — in Col. V mit $\frac{v_0}{\gamma t} = 0{,}9974$, wo eine Uebereinstimmung mit dem kleinsten Werthe, — dagegen in Col. VII mit $\frac{v_0}{\gamma t} = 0{,}9953$, wo eine solche bei der höchsten Compression erzielt ward.

Abweichung der Luft vom Mariotte'schen Gesetz.

Beobachtet.		Der Druck, berechnet nach der neuen Hypothese.						Nach Mariotte's Gesetz.	
Volumen. I.	Druck. II.	Exp = 0,9957. III.	IV. Diff.	Exp = 0,9976. V.	VI. Diff.	Exp = 0,9953. VII.	VIII. Diff.	Exp = 1. IX.	X. Diff.
1	1,000	1,000	—	1,000	—	1,000	—	1,000	—
$\frac{1}{5}$	4,979	4,966	—0,013	4,979	0,000	4,962	—0,017	5,000	+0,021
$\frac{1}{10}$	9,916	9,902	—0,014	9,940	+0,024	9,893	—0,023	10,000	+0,084
$\frac{1}{15}$	14,825	14,827	+0,002	14,895	+0,070	14,810	—0,015	15,000	+0,175
$\frac{1}{20}$	19,720	19,743	+0,023	19,845	+0,102	19,720	0,000	20,000	+0,280

In Columne IX wurde die Rechnung nach Mariotte's Gesetz beigefügt. Bei diesem wird keine einzige Constante empirisch berechnet; die Abweichung ist recht bedeutend. Dass aber auch in Col. IV und VI die Abweichungen nicht in den Bereich der Beobachtungsfehler fallen, scheint mir unzweifelhaft, auch ist ein gewisser Gang zu bemerken, besonders deutlich in Col. VI. Ich hoffe dennoch, dass in vorstehenden Zahlen ein erster Schritt zur Annäherung an das wahre Verhalten der Gase sich zeigen wird, denn eine Erweiterung der Theorie liesse sich wohl in Angriff nehmen. Ich errinnere an die Formel van der Waal's. So sehr nämlich das Gesetz

$$\frac{pv}{p_0 v_0} = \frac{ut}{u_0 t_0}$$

dem Gay-Lussac'schen $\frac{pv}{p_0 v_0} = \frac{t}{t_0}$

gegenüber plausibel erscheint, so lässt sich gegen beide Formeln geltend machen, dass die Annahme eines Volumenschwundes beim absoluten Nullpunkt der Temperatur kein glücklicher Griff ist. Im Lichte der neuen Gastheorie hat man ja auch mehrfach ein Minimalvolumen in den Ansatz verflochten. Ebenso aber scheint es mir nothwendig anzunehmen, dass auch die Adiabate nicht auf 0 herabsinken könne. Zu prüfen wäre alsdann die Formel:

$$\frac{p}{p_0} \cdot \frac{v-b}{v_0-b} = \frac{u-\beta}{u_0-\beta} \cdot \frac{t}{t_0} \qquad (282)$$

wo b und β Minimal-Volumen und Minimal-Adiabate bedeuten[1]). Für p und t scheint mir eine ähnliche Annahme nicht nothwendig, da wir leicht beide Grössen auf Null herabge-

1) Am nachdrücklichsten hat Amagat (Ann. de chim. et de phys. 1881 (5). pag. 381) diese Hypothese geprüft in Beziehung auf das Volumen. In der neuesten Abhandlung allein kommt Amagat (Ann. 1883 (5). T. XXVIII pag. 505) auf Formeln, wo von der Temperatur eine Constante subtrahirt wird. — Es ist mir leider nicht gelungen, Amagat's Beobachtungen auf unsere Hypothese zu prüfen, weil hiezu eine fortgesetzte Beobachtungsreihe mit ein und derselben Gasmasse nöthig wäre.

bracht uns vorstellen können. Unsere ganze Theorie wäre nur wenig zu modificiren. Für jedes u und v wäre $u - \beta$ resp. $v - b$ einzusetzen. Auf die Berechnung der Beobachtungen aber hat dieser Ansatz merklichen Einfluss.

Da die Kohlensäure näher der flüssigen Aggregatform liegt als Luft, so versuchte ich nachstehend den Exponenten so anzusetzen, dass die Beobachtungen beim geringsten Druckwerthe übereinstimmten.

$$\text{Die Formeln } \frac{p}{p_0} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{0,98} \text{ bis } \frac{p}{p_0} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{0,96}$$

geben folgenden Vergleich:

Abweichung der Kohlensäure vom Mariotte'schen Gesetz.

Beobachtet.		Der Druck, berechnet nach der neuen Hypothese.						Nach Mariotte's Gesetz.	
Volumen.	Druck.	Exp = 0,98.	Diff.	Exp = 0,97.	Diff.	Exp = 0,96.	Diff.	Exp = 1.	Diff.
1	1,000	1,000	—	1,000	—	1,000	—	1,000	—
$\frac{1}{5}$	4,829	4,842	+ 0,013	4,764	— 0,065	4,688	— 0,141	5,000	+ 0,171
$\frac{1}{10}$	9,226	9,550	+ 0,324	9,333	+ 0,007	9,120	— 0,106	10,000	+ 0,774
$\frac{1}{15}$	13,187	14,242	+ 1,055	13,861	+ 0,674	13,491	+ 0,304	15,000	+ 1,813
$\frac{1}{20}$	16,70	18,837	+ 2,137	18,281	+ 1,581	17,741	+ 1,041	20,000	+ 3,300

Ein Gang der Differenzen in demselben Sinne, wie für Luft, ist auch hier nachgeblieben. Bei noch höheren Drucken aber ist bei den Gasen der Gang umgekehrt, so dass nach Natterer und Cailletet bei 100 Atmosphären die Kohlensäure, wie alle anderen Gase nach Amagat, sich analog dem Wasserstoff verhält, d. h. wie ein flüssiger Körper[1]). Dieses führt auf den Gedanken, dass die für Gase maasgebenden Exponenten nur für geringe Compressionen aufzusuchen sind.

Zur Berechnung der absoluten Adiabate wähle ich deshalb für Luft den Coefficienten, der die geringste Compression befriedigend erklärte, also

$$\frac{v_0}{\gamma_t} = 0{,}9974.$$

Nach (236*) war $\frac{v_0}{\gamma_t} = \frac{u_0 + c_v}{u_0 + c_p} = 0{,}9974$

1) Vgl. auch Amagat «Sur la compressibilité des gaz» in Ann. de chim. et de phys. 1881 (5). T. XXII pag. 380. Nach Amagat tritt das umgekehrte Verhalten der Kohlensäure immer früher ein, d. h. bei um so kleinerem Drucke, je niedriger die Temperaturen, für 35° Cels. bei 70 Meter Druck, für 50° C. bei 100 Met., für 80° C. bei 140 Met., für 100° C. bei 160 Met. Druck.

$$\text{oder} \quad u_0 = \frac{(0{,}9974 \cdot c_p) - c_v}{0{,}0026}$$

$$\text{Setzt man} \quad c_p = 0{,}2375$$

$$c_v = 0{,}1685$$

$$\text{so wird} \quad u_0 = \frac{0{,}2369 - 0{,}1685}{0{,}0026}$$

$$= 26{,}3 \text{ Entropieen}$$

ein Werth, der, wie mir scheint, wegen der angeführten Gründe, zu klein ist. Setzt man den anderen extremen Werth 0,9953 ein, so kommt $u_0 = 15$ Entropieen. Für Schätzungen wie wir sie unternehmen wollen, darf füglich $u_0 = 30$ Entropieen in runder Zahl versucht werden.

In der Gleichung (257)

$$t' = t_0 \cdot \frac{u'}{u_0 + u'} = t_0 \frac{\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right)^r - 1}{\left(1 + \frac{v'}{v_0}\right)^r}$$

ist v' keineswegs an die Bedingung besonders geringer Werthe geknüpft. Es strömt das Gas vom Volumen v_0 in ein Vacuum v', dann ist t' die Temperaturerniedrigung. Um r zu erhalten, setzen wir

$$p_0 = 10334 \text{ Kg.}$$

$$v_0 = 0{,}773 \text{ Cbm.}$$

$$t_0 = 273° \text{ abs.}$$

$$u_0 = 424 \times 30 \text{ mechan. Entropieen.}$$

$$\text{also} \quad r = \frac{p_0 v_0}{t_0 u_0} = 0{,}0023.$$

Hieraus folgt, wenn $v' = v_0$ gesetzt wird, d. h. das Volumen sich aufs doppelte expandirt,

$$t = -0{,}43 \text{ Cels.}$$

Experimentell wird es schwer sein genaue Zahlen zu erhalten, wegen des Wärmezuflusses von den Gefässwänden, während die Messung der Temperaturerniedrigung mit gewöhnlichen Thermometern geraume Zeit in Anspruch nimmt, und schwer ausführbar erscheint.

Einen naheliegenden Einwand muss ich hier zum Schluss noch zur Sprache bringen. Es erscheint nicht leicht, die vorstehend versuchte Gastheorie mit den Entwickelungen der neueren kinetischen Lehre in Uebereinstimmung zu bringen. Letztere führt zur bekannten Gleichung

$$\tfrac{3}{2} pv = \frac{N \cdot m \cdot \mathfrak{G}^2}{2} \tag{283}$$

wo $\mathfrak{G}$ die Geschwindigkeit der Molekel bedeutet in Hinsicht auf ihre fortschreitende Bewegung. Man pflegt hier die absolute Temperatur t einzuführen mit

$$t = \frac{m \cdot \mathfrak{G}^2}{2} \cdot \text{Const.} \tag{284}$$

d. h. proportional der mechanischen actuellen Energie der Molekel, während der Betrag der Constante ebenso unbestimmt bleibt, wie die Masse m. Da aber ferner $p \,.\, v = R \,.\, t$ gesetzt wird, und auch pv eine Energie bedeutet, so kann in (284) die Constante nur eine reine Zahl sein. — Mir scheint bei dieser Herleitung nicht gewürdigt, dass die Masse m, nicht blos als mit Trägheit begabt in Frage kommt, sondern als eine Wärmeaufnahmsfähige. Wenn wir sonst setzen

$$dQ = t\, du$$

so ist damit gesagt, dass nur Temperatur mal Adiabate eine Wärmemenge abgeben kann. Wenn also $m\mathfrak{G}^2$ der Dimension nach eine Temperatur repräsentiren soll, so muss ein Factor beigesellt werden, dessen Dimension eine Entropie ist. Die fundamentale Herleitung der Gleichung (283) muss ferner insofern lückenhaft sein, als sie garnichts aussagen kann über die Wärmezufuhr, die nöthig ist, den Körperzustand zu ändern. — Der Factor N kann als Anzahl von Molekeln, nur eine reine Zahl sein. Da nun eine jede Masse eine Wärmecapacität besitzt, die mit der Temperatur, vor Allem aber mit der Adiabate sich durchaus ändert, so kann dieser Umstand offenbar gar nicht zur Geltung kommen bei der Entwickelung der besprochenen Gleichung; es wird eben die Masse m nur als Träger kinetischer und nicht als Träger calorischer Energie eingeführt. Bei Wärmezufuhr ist es aber fraglich, ob die Bewegung der Bestandtheile proportional der fortschreitenden Bewegung sich ändert; es beruht die von Clausius gegebene Herleitung des Verhältnisses $\frac{H-K}{H}$ der inneren Energie $H - K$ zur gesammten Energie H auf der Voraussetzung constanter specifischer Wärmen. In der That setzt auch Clausius

$$pv = \text{const.}\ t$$

nach dem Mariotte Gay-Lussac'schen Gesetze an, und schliesst daraus, es sei

$$\tfrac{1}{2} N \cdot m\, \mathfrak{G}^2 = t \cdot \text{const.}$$

Versuchen wir statt dessen analog

$$p \cdot v = r \cdot u \cdot t \tag{285}$$

$$\text{so folgt } \tfrac{1}{2} N m \mathfrak{G}^2 = \tfrac{3}{2} r \cdot u \cdot t \qquad (286)$$

somit kann nicht mehr

$\frac{mG^2}{2} = \text{Const.}\ t$ gesetzt werden, sonst erhielte man $N = \frac{3}{2}.\ r.\ u.$ Const., und hier dürfte u nicht mehr variabel gedacht werden. — Indess gilt die kinetische Formel (283) nur für ein jeweiliges Stadium, wo u einen bestimmten Werth hat, etwa $u_0 + u_1$ und man erhielte

$$N = \tfrac{3}{2} \frac{p_0 \cdot v_0}{t_0} \cdot \frac{u_0 + u_1}{u_0} \cdot \text{Const.}$$

Weiter vermag der kinetische Ansatz nicht zu führen, da er unentschieden lässt, wohin eine Wärmezufuhr führt. — Es kann von diesem Ansatz nicht erwartet werden eine Rücksicht auf die Variabilität der specifischen Wärme, da der Druck als von der momentan vorhandenen Bewegung allein abhängig in Frage kommt. So liefert auch die kinetische Theorie keine Formel für das Verhalten eines Gases, wie etwa für das der Kohlensäure, welche

von	— 30°	bis	10°	C.	= 0,184
»	10°	»	100°	»	= 0,202
»	10°	»	210°	»	= 0,217

als mittlere specifische Wärme aufweist.

Wenn nun in dem allgemein anerkannten Ansatze

$$dQ = t \cdot du$$

die Dimension von u keine reine Zahl ist, sofern diesem Parameter eine gewisse Qualität zukommt, und wenn zugegeben wird, dass u durchaus nicht eine Anzahl von Molekeln repräsentiren kann, so muss auch im Gesetze $p.v = R.t$ das R die Dimension von Entropieen haben, während in (285) das r sehr wohl eine reine Zahl sein kann. Da eben $N.m$ eine durchaus constante Masse, so muss ein entropischer Factor die Variabilität der specifischen Wärme einzuführen gestatten. Wir versuchen also den Ansatz:

$$\tfrac{3}{2} pv = \tfrac{1}{2} N m \mathfrak{G}^2$$

$$\text{und} \quad pv = r(u_0 + u_1) t$$

wo u_1 die Aenderung der Adiabate vom beliebigen Anfangswerthe derselben u_0 bedeutet. Es ist mithin[1])

---

1) Anm. Setzen wir für die gesammte Masse

$$Nm = \frac{q}{9{,}81},$$

wo q, das Gewicht, $= 1$ genommen werde, so folgt

$$\mathfrak{G}^2 = 3 \times 9{,}81 \times r.(u_0 + u_1).t$$

Hieraus berechnet sich für $\mathfrak{G}$ derselbe Werth, den die

$$\frac{1}{3} N \cdot m \cdot \mathfrak{G}^2 = r(u_0 + u_1)t \tag{287}$$

$$= \alpha \cdot p_0 \cdot v_0 \left(1 + \frac{u_1}{u_0}\right)t \tag{288}$$

Vergleichen wir nun zwei Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur, so wird

$$Nm\mathfrak{G}^2 = 3r\,(u_0 + u_1)t$$

$$N'm'\mathfrak{G}'^2 = 3\,r'(u_0' + u_1')t$$

folglich $Nm\,\mathfrak{G}^2 : N'm'\,\mathfrak{G}'^2 = r(u_0 + u_1) : r'(u_0' + u_1')$

$$= \alpha p_0 v_0 \left(1 + \frac{u_1}{u_0}\right) : \alpha' p_0' v_0' \left(1 + \frac{u_1'}{u_0'}\right) \tag{289}$$

Für die Gewichtseinheit erhalten wir, wenn etwa Luft mit einem Gase von der Dichtigkeit ϱ' verglichen wird

$$v_0 : v_0' = 1 : \frac{1}{\varrho}$$

sei ferner empirisch $\alpha = \alpha'$, und

setzen wir $p_0 = p_0'$, so folgt

$$Nm\mathfrak{G}^2 : N'm'\,\mathfrak{G}'^2 = \left(1 + \frac{u_1}{u_0}\right) : \frac{1}{\varrho_1} \cdot \left(1 + \frac{u_1'}{u_0'}\right) \tag{290}$$

Setzen wir ferner, auf empirischer Grundlage, nach Avogadro's Gesetz:

$$N : N' = 1 : \frac{1}{\varrho'}$$

so wird $m\mathfrak{G}^2 : m'\,\mathfrak{G}_1^{\,2} = \left(1 + \frac{u'}{u_0}\right) : \left(1 + \frac{u_1'}{u_0'}\right)$ (291)

das heisst: Bei gleicher Temperatur sind die Energieen der Molekel in beiden Gasen nicht einander ganz gleich, sondern sie verhalten sich wie die Tendenz zur Aenderung der Wärmecapacitäten, denn wir haben

$$C_x = c_x \left(1 + \frac{u_1}{u_0}\right) \tag{292}$$

---

kinetische Theorie liefert, wie das nicht anders sein kann, da wir den absoluten Werth von u aus $p.v = r.u.t$ berechnet haben.

Beiläufig wird, wenn $u = 0$ genommen wird,

$u_0 = 424{,}30$ mech. Entropieen

$t = t_0 = 273$, $r = 0{,}0023$

folglich $\mathfrak{G}^2 = 3 \times 9{,}8 \times 0{,}0023 \times 424 \times 39 \times 273$

$= 234807.$

$$\text{und} \quad C_x' = c_x' \left(1 + \frac{u_1'}{u_0'}\right) \tag{293}$$

$$\text{oder, wenn} \quad C_x = c_x + \Delta c_x'$$

$$C_x' = c_x' + \Delta c_x'$$

$$m \mathfrak{G}^2 : m' \mathfrak{G}'^2 = 1 + \frac{\Delta c_x}{c_x} : 1 + \frac{\Delta c_x'}{c_x'} \tag{294}$$

Hier nun macht sich die Veränderlichkeit der specifischen Wärme geltend. Beim Zusammenprall der Molekel zweier verschiedener Gase geht ein Differential — $d\left(\frac{mG^2}{2}\right)$ nicht sofort über in eine entsprechende Aenderung der Energie fortschreitender Bewegung des anderen Gases $d\frac{m'G'^2}{2}$, weil ein verschiedenes Anwachsen der Bewegung der Bestandtheile und der fortschreitenden Bewegung in den beiden Gasen statthat. Nur wenn Theile eines und desselben Gases bei gleichem Druck und gleicher Temperatur sich berühren, verhalten sich die Molekel wie vollkommen elastische Körper. Stossen aber heterogene Molekel an einander, oder auch selbst gleichartige Molekel bei verschiedenen Zuständen (der Adiabate), so geht beim Zusammenstoss ein Differential der fortschreitenden Energie in solche der Bestandtheile über.

Es gilt ferner theoretisch nicht die Gleichung

$$d\left(\frac{Nm\mathfrak{G}^2}{2}\right) = \text{const. } dt$$

denn es gilt diese Relation auch eimpirisch für keinen einzigen Körper; statt dessen werden wir der theoretischen Forderung wie den experimentellen Thatsachen eher gerecht, wen wir aus (287) entnehmen:

$$d\left(\frac{Nm\mathfrak{G}^2}{2}\right) = \frac{3}{2} r (u dt + t du) \tag{295}$$

womit gekennzeichnet ist, dass bei gesteigerter Energie fortschreitender Bewegung stets neben der Temperaturerhöhung auch eine Vermehrung der Adiabate statthat. Analog galt schon stets:

$$d\left(\frac{Nm\mathfrak{G}^2}{2}\right) = \frac{3}{2} (v dp + p dv) \tag{296}$$

wo das erste Glied den auf Steigerung des Druckes verwendeten Antheil, der zweite die äussere Arbeit giebt.

Anders betrachtet, sei für ein Gas

$$N m \mathfrak{G}^2 = 3 p \cdot v = 3 \cdot r \cdot u \cdot t$$

und für dasselbe Gas, wenn p und v in p' und v', wobei t und u in t' und u' übergehen,

$$N m \mathfrak{G}'^2 = 3 p' \cdot v' = 3 r \cdot u' \cdot t'.$$

Soll nun $t = t'$ sein, so wird jetzt weder $pv = p'v'$, noch $\mathfrak{G} = \mathfrak{G}'$ sein, sondern

$$\mathfrak{G}^2 : \mathfrak{G}'^2 = u : u' \tag{297}$$

Es ist eben die Wärmecapacität des Gases verändert und wenn u nahe $= u'$, so sind bei gleicher Temperatur auch $\mathfrak{G}$ und $\mathfrak{G}'$ einander fast gleich. Erst die adiabatische Compression eines Gases, lässt $u = u'$ sein, dann allein wird

$$\mathfrak{G}^2 : \mathfrak{G}_1^2 = t : t' \tag{298}$$

denn der Annahme nach liegen jetzt zwei Zustände vor bei gleicher Adiabate, folglich bei gleicher Wärmecapacität.

Mit diesen Andeutungen möchte ich mich bescheiden. Ich hatte mir die Aufgabe gestellt zu untersuchen, wohin die Annahme einer Proportionalität der specifischen Wärme mit der Adiabate und die Einführung der letzteren in das Gesetz der Gase führt, — eine Annahme, die mindestens ebenso berechtigt erscheint, wie irgend eine Abhängigkeit der specifischen Wärme von der Temperatur. — Ja selbst complicirtere Functionen der Adiabate erscheinen ebenso berechtigt, wie jede empirische Formel nach Potenzen der Temperatur. Mit solchen empirischen Formeln aber verlässt man sofort wieder den Boden der Theorie, wie denn überhaupt empirische Formeln wohl selten zu einer theoretischen Erkenntniss führen.

SCHLUSS.

Die Resultate unserer Untersuchung sind in Kürze zusammengefasst, folgende:

1) Die thermodynamischen Beziehungen liessen sich für alle Aggregatformen der Körper in dualer Form darstellen, wobei eine grosse Mannigfaltigkeit von Combinationen sich ergab, die die verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Körper mit einander verbanden.

2) Von wesentlichem Interesse erschienen, neben den vier Hauptparametern und deren Differentialquotienten, verschiedene Energieformen, unter welchen zwei, die innere und die totale innere Energie sich selbst entgegengesetzt waren, während die freie und gebundene Energie ihren Gegensatz in der totalen und verlorenen Energie fanden.

3) Hiezu kamen die Wärme- und Arbeitscapacitäten, der Dimension nach mit den

vier Hauptparametern identisch, — unter welchen isotele und isobate Coefficienten unterschieden wurden.

4) Sowohl die zwölf Capacitäten als die vier Hauptparameter erschienen als Differentialquotienten der oben erwähnten Energieformen.

5) Eine Specificirung der Capacitäten für ideelle Gase führte zur Hypothese einer Abhängigkeit der thermischen Capacitäten von der Adiabate. Die Integrale der bezüglichen Differentialgleichungen gestatteten für die Adiabate ähnliche Bedingungen zu erfüllen, wie solche für Druck, Volumen und Temperatur gelten. In Folge der aufgestellten Hypothese erhielt die Adiabate beim absoluten Nullpunkt der Temperatur den Werth 0, und nicht $-\infty$, wie solches die ideelle Gastheorie lehrt. Ueberhaupt konnte die Adiabate nie negativ werden, wie auch das Volumen nur positiv sein kann. Wie das letztere nach Cubikmetern, so wurde vorgeschlagen, die Adiabate nach Entropieen zu messen, wonach eine calorische Entropie $= \frac{1 \text{ Calorie}}{1 \text{ Grad Celsius}}$ definirt ward, — und eine mechanische Entropie $= \frac{1 \text{ Kilogrammometer}}{1 \text{ Grad Celsius}}$.

6) Das soeben erwähnte Integral enthielt ferner eine Beziehung zwischen Temperatur und Adiabate, die auch auf feste und flüssige Körper anwendbar erschien, da die Hypothese einer Proportionalität der specifischen Wärme mit der Adiabate unabhängig von der Aggregatform aufgestellt ward. Eine Beziehung zu Volumen und Druck konnte erst auf Grund einer empirischen Relation (analog dem Gay-Lussac'schen Gesetze) gefunden werden.

7) Die Integralgleichung zwischen Adiabate und Temperatur lehrte, dass alle Substanzen eine bei constantem Druck mit der Adiabate und folglich auch mit der Temperatur zunehmende specifische Wärme haben müssen.

8) Für Wasser wurde die Formel auf Grund der Henrichsen'schen mit dem Eiscalorimeter angestellten Beobachtungen geprüft.

9) Aus den gut übereinstimmenden Zahlen gewann man die Möglichkeit quantitativ die absolute Adiabate des Wassers zu bestimmen, d. h. die Anzahl von Entropieen der Masseneinheit bei normalem Druck und Volumen. Hieran schloss sich die Auswerthung der Adiabate des Eises, sowie für Wasser und Eis die Bestimmung des absoluten Wärmeinhaltes. Auch die specifische Wärme des Eises ergab sich aus der Theorie in Uebereinstimmung mit der Erfahrung.

10) Die Zunahme der specifischen Wärme der festen Körper mit der Temperatur konnte nicht experimentell geprüft werden, weil die entscheidenden Merkmale den bisherigen Versuchen nicht zu entnehmen waren. Die nach der neuen Hypothese geforderte, sehr geringe Concavität der Curve gegen die Abscissenaxe findet sich bei vielen

Flüssigkeiten, während für die Metalle die Variation so gering ist, dass nicht mit Sicherheit die Form der Curve erschlossen werden konnte. Sonst liesse sich für alle diese Körper auf Grund der Theorie die absolute Adiabate in Entropieen und der absolute Wärmeinhalt in Calorieen berechnen.

11) Während Eis und Wasser nahezu 4 Entropieen haben, ist die Adiabate der Metalle viel kleiner. Eine viel höhere Zahl darf für Gase erwartet werden, wie überhaupt solches statt hat, wenn die Schmelz- und Verdampfungstemperaturen tief liegen, und wenn der Betrag der latenten Wärmen gross ist.

12) Die Hypothese der Wandelbarkeit der specifischen Wärme mit der Adiabate wurde auf Gase übertragen, obwohl hier Regnault keine Abhängigkeit von der Temperatur gefunden hatte. Es galt zu untersuchen, ob eine solche Variabilität wegen der hohen Anfangsadiabate aller sog. permanenten Gase sich verbergen könne. Ferner wurde in das Gay-Lussac'sche Gesetz die Adiabate miteingeführt, wodurch für Gase alle Capacitäten und Energieformen bestimmte Functionen der Hauptparameter wurden, insbesondere waren die Capacitäten sämmtlich einem Hauptparameter proportional, die Energieen dagegen dem Producte aus zwei Parametern proportional.

13) Hieran schloss sich die specificirte Darstellung der Hauptgleichungen für Gase. Die Integrale enthielten einfachere Resultate, als sie die gewöhnliche Gastheorie darbietet, sofern statt logarithmischer oder exponentieller Abhängigkeit eine Proportionalität mit Potenzen der Veränderlichen auftritt.

14) Dann folgte eine Untersuchung der von unserer Theorie geforderten Abweichung vom Mariotte'schen Gesetze. Die Erklärung dieser Abweichungen erschien plausibel, jedoch nur als erster Schritt zu einer merklichen Annäherung an das wahre Verhalten der Gase, da die bei höherem Druck eintretende partielle Condensation die Ungültigkeit der für vollkommene Gase geltenden Beziehungen erwarten lässt.

15) Aus den Abweichungen von Mariotte's Gesetz ergab sich ein erster Versuch, die absolute Adiabate der Luft in Entropieen zu bestimmen, woraus der absolute Wärmeinhalt zu erhalten wäre.

16) Auf Grund dieser Adiabatenwerthe konnte der Ausströmungsversuch erklärt werden. Da eine jede Energieform Function zweier Parameter war, so musste die Theorie bei constant bleibender Energie beim Ausströmen des Gases eine Temperaturänderung fordern, weil hierbei die Adiabate des Gases wächst. Diese Aenderung ergab sich dem Zeichen nach richtig, eine quantitative Bestätigung könnte nur durch neue Versuche erhalten werden.

17) Eine Erweiterung der Theorie erschien in sofern wünschenswerth, als das Vo-

lumen des Körpers, sowie dessen Adiabate, wenn Druck und Temperatur den absoluten Nullpunct erreichen, nicht Null werden, sondern einen Minimalbetrag annehmen.

So überaus nützlich die Annahme des schlichten Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes für die Entwickelung der Wissenschaft sich erwiesen, — so werthvoll dasselbe als Annäherung an die Wahrheit bis jetzt sich erweist und in alle Zeiten relativ brauchbar sein wird, so hat gewiss noch Niemand dem Idealismus gehuldigt, dass ein vollkommenes Schwinden des Volumens eintreten könne, wenn der Körper seiner Molecularbewegung beraubt wird. Im Sinne der realistischen Weltanschauung sind solche Hypothesen absurd zu nennen. Ebenso unstatthaft erscheint das völlige Verschwinden der Adiabate. Soll die Theorie fortschreiten, so müssen rationellere Hypothesen eingeführt werden. Geschieht letzteres, so werden die Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetze davon betroffen, jedoch zunächst in weit geringerem Maasse, als durch die directe Einführung der Adiabate in das Gay-Lussac'sche Gesetz. Erst bei viel höheren Drucken tritt ein völlig abweichendes Verhalten ein, wie denn für feste und flüssige Körper gerade in dem Vorhandensein eines Minimalvolumens und einer Minimaladiabate der Grund zu erkennen ist, weshalb für diese Aggregatformen kein Gay-Lussac'sches Gesetz besteht.

Dorpat, Dec. 1884.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 18 ET DERNIER.

HYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN. XLIV.

DIE THERMALWASSER KAMTSCHATKA'S

VON

Prof. Dr. **Carl Schmidt** in Dorpat.

(*Lu le 5 mars 1885.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mrk. 50 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXXII, N° 18 ET DERNIER.

HYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN. XLIV.

DIE THERMALWASSER KAMTSCHATKA'S

VON

Prof. Dr. **Carl Schmidt** in Dorpat.

(*Lu le 5 mars 1885.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1885.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et C^ie^ et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 45 Kop. = 1 Mrk. 50 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Août 1885. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Von seinen Reisen in Kamtschatka 1879—82 heimgekehrt übersandte mir Herr Dr. med. Benedict Dybowski, gegenwärtig Professor der Zoologie in Lemberg, 36 Flaschen mit 11 daselbst geschöpften Thermalwassern zur chemischen Untersuchung. Es war der auf dem Seewege von Peterpaulshafen nach Kronstadt (Schiff Wiestrik, Marinelieutenant W. Strahlborn) beförderte wohlerhaltene Rest einer grösseren Sammlung, die leider den Transportschwierigkeiten im Innern erlegen war. Ueber das Vorkommen und die Umgebung der sich über 6 Breiten- und Längengrade (51°26′ bis 58°16′ n. Br. 155°16′ bis 161°18′ östl. L. v. Greenw.) erstreckenden Thermen berichtet unser hochverdienter Baikal-Forscher brieflich Folgendes:

«Die heissen Quellen sind auf Kamtschatka häufig zu nennen — sogar auch dann, wenn man nur diejenigen in Betracht zieht, welche bis jetzt den Einwohnern bekannt geworden sind; trotzdem hat jedes Jahr meiner Anwesenheit auf der Halbinsel neue Quellen zu den früher bekannten hinzugefügt, und ich glaube nicht zu übertreiben wenn ich behaupte, dass wenn das Land genau untersucht ist, man noch einmal so viel neue Quellen auffinden wird als solche bis jetzt genannt werden. Aber auch diejenigen Quellen, über welche man früher von den Einwohnern genaue Nachrichten beziehen konnte, sind jetzt nicht alle bekannt; in den letzten Zeiten, bei dem allmähligen Aussterben der Aboriginen, sind die Traditionen nebst der Kenntniss des Landes beinahe vollständig untergegangen und ich glaube es dauert nicht lange so werden die Kamtschadalen selbst, ihre Sitten, ihre Ueberlieferungen, sowie ihre geographische Kenntniss des Landes, vollständig verschwinden.

Die Zahl der Kamtschadalen — Itelmener oder Itenmener wie sie sich selbst nennen — ist in den letzten Zeiten auf etwa 3.000 Personen beiderlei Geschlechts heruntergesunken, während die Zahl derselben zur Zeit der «Eroberung» von Kamschatka 30.000 betragen sollte. Jetzt beträgt die ganze Bevölkerung der Halbinsel 6.300 Menschen aus verschiedenen Nationalitäten zusammengesetzt und zwar aus Kamtschadalen, Korjaken, Lomuten, Tschuktschen, Aleuten, Russischen Einwanderern und Amerikanischen Abentheurern. Diese wenigen Einwohner, auf einen Territorialraum von etwa 5.000 Quadratmeilen vertheilt, verschwinden

in der grossen Landesausdehnung, sie werden von derselben überwältigt und es ist nicht zu verwundern dass die Leute jetzt wenig über ihr eigenes Land zu erzählen wissen. Wenige von ihnen kennen die heissen Quellen und zwar diejenigen welche etwas mehr entfernt von den Ansiedelungen gelegen sind; so z. B. wussten die Bauern aus dem Dorfe Nikolaewsk am Paratunka Flusse gar nichts von den heissen Quellen welche im Jagodnajathale nicht weit von dem Wiluitschik Wulham liegen. Die Quellen wurden erst auf's neue im Jahre 1882 von dem Bauer Johann Byschajew zufälligerweise aufgefunden und sie werden wahrscheinlich mit dem Tode Byschajew's wieder der Vergessenheit anheimfallen Ebenso wie die Quellen des Jagodnajathales wurden die Ukinskischen heissen Quellen vergessen und von dem Starosta des Dorfes Uka, Klotschew, wieder zur Kenntniss gebracht. Von den Schemiatschikschen, von denjenigen des Nalitschewa-Flusses, des Dzupanowa (Zupanowa) Flusses, überhaupt von den Quellen, welche auf der Ostseite der Halbinsel liegen, wissen die Einwohner sehr wenig und zwar aus dem Grunde, weil hier keine Ansiedelungen mehr vorhanden sind. Die Einwohner starben theilweise aus, theilweise wurden sie für administrative Zwecke übersiedelt und jetzt ist die ganze Strecke längs des Ostufers zwischen Peterpaulshafen und Ustkamtschatka vollständig unbewohnt.

Viele heisse Quellen liegen weit von den Ansiedelungen und weit von den Fusssteigen, welche hier Communicationswege genannt werden, sie werden auch höchst selten und nur zufälligerweise besucht; andere liegen näher von den Dörfern und diese sind noch bis jetzt als Badeorte besucht.

Ich theile die heissen Quellen nach den hier angegebenen Eigenschaften in 2 Kategorien:

I. Quellen welche als Badeorte noch jetzt benutzt werden.

1. **Untere Paratunka** Quellen.
2. **Natschiki** Quellen (oder **Natschika**-Quellen).
3. **Apatscha** Quellen.
4c. **Bannaja** oder **Merlin**-Quellen (auf der Karte mit dem Buchstaben C angegeben).
4. **Galigina** Quellen.
5. **Jawina** Quellen oder **Butin**-Quellen.
6. **Malka** Quellen.
7. **Kireun** Quellen.
8. **Uka** Quellen.

II. Quellen welche nur im Winter während der Zobeljagd zufälligerweise besucht werden.

a. **Jagodnaja** oder **Byschajewsche** Quellen.
b. **Obere Paratunka** oder **Wimutsche**-Quellen.
d. **Dzupanowa** Quellen.

e. **Nalitschewa** Quellen (Russisch Nalytschewa).
f. **Schemiatschik** Quellen.
g. **Kresty** oder **Grigorjewsche** Quellen.
h. **Siedanka** oder **Mironowsche** Quellen.

Nach der Lage der Quellen können sie in westliche, centrale und östliche eingetheilt werden:

Zu den östlichen gehören:	*Zu den westlichen gehören:*
Paratunka Quellen (№ 1 und 6).	Natschiki Quellen (№ 2).
Jagodnaja Quellen (№ a).	Apatscha Quellen (№ 3).
Dzupanowa Quellen (№ d).	Bannaja Quellen (№ 4c).
Nalitschewa Quellen (№ e).	Galigina Quellen (№ 4).
Schemiatschik Quellen (№ f).	Jawina Quellen (№ 5).
Uka Quellen (№ 8).	Malka Quellen (№ 6).

Zu den centralen:

Kireun Quellen (№ 7).
Kresty Quellen (№ g).
Siedanka Quellen (№ h).

Nach der Ueppigkeit der heissen Quellwasser halten die Quellen folgende Reihe ein: Schemiatschik Quellen, Bannaja Quellen, Dzupanowa, Nalitschewa, Obere Paratunka Quellen, Untere Paratunka Quellen. Die übrigen alle sind mehr oder weniger von gleicher Stärke zu betrachten.

Im Ganzen sind also bis jetzt 16 Ortschaften bekannt in welchen sich heisse Quellen befinden.

Von diesen 16 Ortschaften habe ich persönlich folgende besucht und Wasser aus den Quellen eigenhändig geschöpft:

Untere Paratunka Quellen, Natschiki Quellen, Apatsche Quellen, Bannaja Quellen, Malka Quellen; von den übrigen Quellen und zwar Galigina Quellen, Jawina Quellen, Kireun Quellen, Uka Quellen, wurde das Wasser durch Starosten der entsprechenden Dörfer geschöpft, es sind also Wasserproben aus 9 Ortschaften zur Untersuchung zusammengebracht.

Hier lasse ich im Folgenden kurze Bemerkungen über die heissen Quellen folgen.

I. Paratunka-Quellen; sie zerfallen in mehrere Gruppen:

1*a*. **Sierebrannikowsche** Quellen. Sie liegen etwa 15 Werst von der Awatsche Bucht entfernt und zwar von ihrem SW Ende; sie sprudeln auf der linken Seite des breiten morastigen Thales des Flusses Paratunka mit einigen Quelladern am Rande einer sandigen Hügelkette welche den morastigen Theil des Thales abgrenzt. Auf diese Randerhöhung sind ein paar

Bauerhäuser gebaut, die Quellen selbst in einem ausgegrabenen Reservoir aufgefangen und gegen einen hier vorüber fliessenden Bach von kaltem Wasser abgedammt. Der Damm wird bei hohem Stande des Wassers auf dem Thale überflutet und die Quellen sind fast jährlich im Monat Juni unbrauchbar. Am Rande des Reservoirs, dessen Breite und Länge 4—5 Faden betragen mag, sind zwei kleine Badestuben gebaut, das Baden aber findet unter freiem Himmel statt.

Diese heissen Quellen sind die allerbekanntesten in Kamtschatka und die am meisten besuchten; sie waren früher als Curort gegen syphilitische und Leprakrankheiten officiell bestimmt und es war hier auch eine Art von Hospital gebaut. Von dem allen ist jetzt gar nichts übrig geblieben; in den letzten Zeiten hat man sich überzeugt dass die heissen Quellen keinen wesentlichen Einfluss auf den Gang der syphilitischen Krankheiten ausübten, und so viel ich weiss, war hier keine Heilung der Kranken erlangt.

Die Temperatur des Reservoires,—welches ich zu Ehren eines der ehrlichsten Isprawnike Kamtschatkas, welcher sehr vieles für das Wohl der hiesigen Einwohner gethan hat, Sierebrannikowsche Reservoir nenne — habe ich mehrere Male gemessen; sie war nicht immer dieselbe; sie wechselte in folgenden Grenzen:

$1879^{5}/_{X}$	an der Oberfläche des Reservoirs		+ 42° C,	am Boden	45° C.
$1880^{12}/_{II}$	»	»	+ 42.5° C	»	45° C.
$1881^{15}/_{II}$	»	»	+ 37.5° C	»	42.5° C.
$1882^{15}/_{X}$	»	»	+ 41.3° C	»	42.5° C.

Das Eintreten in das Bassin ist im Sommer unangenehm, im Winter dagegen ruft das Baden den angenehmsten Eindruck hervor und zwar steigert sich die Annehmlichkeit mit der Grösse der Kälte. Man gewöhnt sich sehr bald an die hohe Temperatur des Wassers und zuletzt werden alle Badegäste zu leidenschaftlichen Badenden; besonders werden die Bäder von Kindern beliebt welche Stundenlang ohne sichtbaren Nachtheil für ihre Gesundheit in dem Bade verbleiben. Die Badenden bekommen in der ersten Woche einen eczematösen Ausschlag, welcher aber später vollkommen schwindet. Die Wäsche wird in dem Wasser ohne Seife rein gewaschen und die Haut der Badenden streift sich schleimartig ab.

Die Umgebung des Ortes ist hübsch; es zieht über die Hügelreihe ein ziemlich üppiger Waldwuchs, hauptsächlich von der Ermanschen Birke zusammengesetzt, mit Loniceren, Spiräen, Rosen und Salix-Arten untermischt. Die Kräuter wie Ulmaria Kamtschatica, Heracleum dulce, Epilobium ragen über den Menschenwuchs hinaus. Die ganze wasserreiche Tundra ist von üppigem Graswuchse bedeckt und auf der Südseite über die ebene Fläche des Thales erheben sich in einem weiten Bogen die hohen Gebirgsketten von Assatscha, Wiluitschik, die Paratunka und Bystraja Thäler und über alle diese Gebirge dominirt der Kegel des Wiluitschik Vulkans.

Der Boden der Hügelreihe, welcher zum Garten-, Gemüse- und Kartoffelbau benutzt wird, ist warm und friert im Winter nie, so dass die Kartoffeln unversehrt in dem Boden liegen

bleiben und im Frühjahre zu keimen anfangen. Im Winter ist die Temperatur des Thales Paratunka bedeutend kälter als die Temperatur der Umgegend von Peterpaulshafen. Die Zeit der hiesigen Badesaison fällt auf die Monate März, April und Mai, dann auf die Herbstmonate September, Oktober und November; im Sommer hat man zu sehr von den Mücken zu leiden und die Quellen werden oft durch Regenwasser verdorben.

Die Sierebrannikowschen Quellen sind von Peterpaulshafen auf drei Wegen zu erreichen. Der allerkürzeste führt quer über die Awatsche Bucht zu der dem Hafen gegenüberliegenden kleinen Bucht von Tarja, von hier aus nach dem nahegelegenen Dorfe Tarja oder Dalnoje, von wo man entweder auf Reitpferden oder auf Hundeschlitten über Tundren und Flüsse nach Paratunka-Klutschi fährt. Der zweite Weg führt über die Awatsche-Bucht hinüber zur Mündung des Flusses Paratunka, von hier aus auf primitiven Canoës den Paratunka-Fluss hinauf neben dem Dorfe Nikolajewsk vorüber zur Mündung des Chajko-Flusses, ferner diesen Fluss hinauf bis zum seichten Paratunka-See, von dort zu Fusse zu den naheliegenden Quellen. Endlich führt der dritte Weg über einen weiten Bogen aber auf Landsteigen bis zu den Quellen; dieser Weg geht über Sieroglazka-Dorf, setzt über den Fluss Awatsche, dann über das Dorf Chutor, das Dorf Nikolajewsk, über die Flüsse Bystraja 1 und 2, über das Dorf Mikiza bis zum Dorfe Klutschi; dieser Weg beträgt etwa 70 Werst, während die beiden ersten 20 bis 25 betragen mögen.

Ausser diesen beschriebenen Hauptquellen, welche in dem Sierebrannikowschen Reservoir abgedammt sind, finden sich in dem Thale von Paratunka noch andere Quellen vor, und zwar:

1*b*. Eine Quelle unweit von dem Reservoir auf der rechten Seite des kalten Baches, von welchem früher die Rede war; diese Quelle ist sehr heiss, das Wasser sammelt sich in einem tiefen, aber wenig umfangreichen brunnenartigen Bassin. Ich nenne sie Zawojko-Quelle.

Die Temperatur der Quelle betrug ($1880^{12}/_{XI}$ und $1882^{16}/_{X}$) in der Tiefe + 81° C.

Als Badeort wird die Quelle nicht benutzt.

1*c*. Einige kleine Quellen münden in ein grosses, muldenförmiges Bassin in der Nähe des Flusses Chajkowa. Am Ufer dieses Bassins soll früher ein Lazareth gestanden haben für Lepra-kranke bestimmt, jetzt bleibt das Bassin volkommen unbenutzt; die Temperatur des Wassers misst + 25° C. (gemessen am $^{16}/_{X}$ 1882). Die Quelle nenne ich Galenischtschew Quelle.

1*d*. Einige kleine Quellen münden in einen kleinen Bach, welcher nahe dem kalten Bache gelegen und zum Unterschiede von diesem warmer Bach genannt wird; diese Quellen sind nicht benutzt und auch nicht näher benannt, in den letzten Zeiten hat sich eine Familie von Lepra-Kranken am Ufer dieses Baches angesiedelt.

Alle die genannten Quellen liegen nicht weit von einander an der linken Seite des Thales Paratunka.

Auf der rechten Seite des Thales, nicht weit vom Fluss, hat Gawrilo Podprugin im Jahre

1880 eine neue Quelle heissen Wassers entdeckt; ich nenne die Quelle Podpruginquelle, sie ist leider nicht näher untersucht worden, die Temperatur des Wasser soll 43° C betragen.

Endlich ist in dem Paratunka-Thale noch eine Quelle vorhanden, welche etwa 20—25 Werst vom Dorfe Klutschi entfernt liegt; ich habe sie Wimut'sche Quelle zu Ehren des Dr. Julius Wimut genannt, dessen ärztliches Wirken in Kamtschatka für die armen Aborigenen sehr wohlthuend gewesen ist. Diese Quelle oder ein Agglomerat von Quellen liegt in einem gebirgigen Thale des linken Armes vom Paratunka Flusse; sie hat eine schöne Umgebung, eine reiche Quantität Wassers, und müsste trotz grösserer Entfernung von Peterpaulshafen der Sierebrannikowschen Quelle zu therapeutischen Zwecken vorgezogen werden. (Die Probe welche aus dieser Quelle geschöpft wurde verunglückte unterwegs. Die Temperatur des Bassins, in welchem gebadet wird, soll eben so viel betragen wie die des Wassers aus der Sierebrannikowschen Quelle).

2. **Natschiki** - Quellen.

Sie liegen nahe vom Dorfe Natschiki auf dem rechten Ufer des Flusses welcher hier Oziernaja genannt wird. Der Fluss wird so genannt, weil er aus dem See (ozéro) seinen Ursprung nimmt — dieser Fluss weiter unten, nachdem er viele Zuflüsse aufgenommen und unter anderen linkerseits auch den Fluss Bannaja, wird Plotnikowa-Fluss genannt und behält diesen Namen bis zur Stelle, wo er rechterseits einen mächtigen und sehr rapiden Nebenfluss Bystraja in sich aufgenommen hat. Dieser Fluss Bystraja darf nicht verwechselt werden mit den beiden früher erwähnten Bystraji, welche in den Paratunka-Fluss münden. Von hier aus werden beide Flüsse, Plotnikowaja und Bystraja, einen einzigen mächtigen Strom bildend, bis zur Einmündung in's Ochotzkische Meer — Balschaja-Fluss genannt. Es zerfällt somit der Fluss «Balschaja» (Balschoj = gross) in drei verschieden genannte Abtheilungen und zwar Oziernaja — Plotnikowa — Balschaja. Ich führe absichtlich diese Verhältnisse an um die Angaben der Autoren verständlich zu machen. Steller giebt z. B. an dass die Natschiki Quellen am Flusse Balschaja sich befinden, die neueren Angaben geben im Gegentheil die Quellen von Natschiki am Oziernaja-Flusse an; beide Angaben sind richtig, nur muss dabei in Errinnerung gebracht werden, dass Oziernaja einen Theil des Balschaja Flusses ausmacht.

Das Dorf Natschiki ist von Peterpaulshafen etwa 90 bis 100 Werst entfernt, wenngleich die Entfernung in gerader Linie nicht mehr als 40 Werst betragen mag; man macht auf dem Wege grosse Umwege um die Gebirgszüge zu umfahren.

Die Quellen liegen ganz nahe vom Dorfe, nur über den Fluss hinüber, an einem kleinen Bache; sie entspringen am Fusse einer wallartigen Erhöhung, über eine grosse Fläche mit kleinen sprudelnden Quellchen sich ergiessend und fliessen in den kalten Bach ab; ein Paar von diesen Quellen sind etwas ausgegraben und bilden kleine, etwas auf die Seite von den übrigen gestellte Bassins. Der Ort wo man badet befindet sich nahe der Einmündungsstelle der heissen Quellen in den kalten Bach; die Tiefe des Baches ist gering und man ba-

det liegend, weshalb das Baden von den Kamtschadalen und hiesigen Russen «liegen» genannt wird, sie sagen anstatt ich badete so viel mal — ich lag so viel mal in den heissen Quellen.

Die nächste Umgebung der Quelle wird zum Gartenbau benutzt weil die Erde hier erwärmt wird und die Kartoffel nie gefror, was in anderen Orten dieses hochgelegenen Thales nicht der Fall ist. Die Temperatur der Quelle beträgt + 80° C bei einer Lufttemperatur von + 1.5° (es sind also + 64° R; Prof, Ermann fand + 61,6° R und Krascheninnikow fand + 67° R — Prof. Ermann hat auch eine Wasserprobe aus dieser Quelle geschöpft.)

3. **Apatscha** - Quellen.

Sie liegen etwa 10 Werst vom Dorfe Apatscha entfernt, im grossen Thale des Balschaja-Fluss-Systems, auf der linken Seite des Flusses, hier noch Plotnikowaja genannt. In diesem breiten Thale fliesst das Flüsschen Sikulka (Russisch Sikulka) welches parallel dem Bannaja-Flusse in den Fluss Plotnikowaja mündet. Am linken Ufer dieses Flüsschens, am Ufer eines kleinen Nebenbaches «Warmer Bach» genannt, entspringen mehrere Quellen heissen Wassers aus einem felsigen Boden; es waren zu der Zeit meines Besuches zwei Hauptquellen vorhanden.

Die Temperatur der einen Quelle betrug + 72°5 C, der zweiten Quelle + 72.0° C. Die Temperatur des Baches, wo gebadet wird, betrug + 43° C, weiter unten + 42° C. Die Temperatur des Flüsschens an der Einmündungstelle des Baches war 13.7° C. warm (am $^{25}/_{X}$ bei einer Lufttemperatur von + 3.7° C).

Die Umgebung der Quelle ist angenehm, das Thal ist breit, es dehnt sich eine weite Wiese mit sehr üppigem Grase bewachsen aus; Epilobium, Heracleum, Ulmaria wachsen hoch auf, aber einen besonders gigantischen Wuchs erlangen Angelica ursina Stauden. Diese erheben sich weit über den Reiter hinaus, breiten ihren Schirm colossal aus und geben mit ihren enormen Blättern der ganzen Umgebung einen besonderen Charakter. Die höheren Stellen am Ufer des Baches werden mit Kartoffeln bepflanzt, welche hier in diesem fetten und erwärmten Boden sehr gut gedeihen. Der Bach wird nicht künstlich erweitert, man badet liegend; von Kranken werden die Bäder öfters besucht, man rühmt sie als wirksam gegen den Rheumatismus, welchen man hier «Prostudnaja bol» nennt. Von Natschiki nach Apatsche führen mehrere Wege; die am meisten besuchten sind zwei, der eine den Fluss hinunter auf Booten (Baty pluv. genannt), der andere zu Pferde über ein Schluchtartiges Thal Chalsan genannt; beide Wege können im Sommer in einem Tage zurückgelegt werden. Die Entfernung mag 70—80 bis 100 Werst betragen. Das Reiten ist mühsam und die steilen Pässe unbequem.

4. **Galigina** - Quellen (Russisch Galygina).

Sie liegen an der Westküste Kamtschatkas etwa unter 52° N. B. eine Tagesreise vom Dorfe Galigina entfernt, in einem gebirgigen Thale. Der Weg nach Galigina führt im Sommer quer über die Thäler der Flüsse Karimtschana, Udusch, Koatscha, Tupit-Opala,

Saan, Ipokit, Usuj, Kosentrobka, Makotscha. Dieser ganze Weg kann etwa 200 Werst betragen (wir haben denselben im Herbst in drei forcirten Tagereisen zurückgelegt), im Winter wird gewöhnlich nach Galigin über Bolscheretsk gefahren, von dort nach dem Meeresufer und dann, diesem entlang, bis zur Galigin und Opale-Mündung; dieser Weg soll 300 Werst betragen.

Die Temperatur der Quelle so wie nähere Angaben über die Quelle selbst sind mir unbekannt. Man erzählte mir dass mehrere Quellen neben einander vorkommen sollen. Die Probe wurde durch den Starosta des Dorfes Galigin eigenhändig genommen.

4c. **Bannaja-** oder Merlin-Quellen.

Ich habe diesen Quellen den Namen Merlin gegeben zum Andenken an einen biederen Kamtschadalen welcher ohne Lehrer selbst lesen und schreiben gelernt hat und mir eine Karte von der ganzen Umgebung des Dorfes Natschiki und Bannaja Flusses gemacht. Freilich war der Name Merlin in den früheren Zeiten auf Kamtschatka sehr unpopolär, weil der Major dieses Namens als Neuheit die armen Kamtschadalen hängen lies, allein die jetzigen Träger dieses Namens haben mit dem berüchtigten Major nichts zu thun.

Die Bannaja-Quellen liegen am Ufer des Flusses Bannaja ziemlich hoch in den Gebirgen gegen die Quellen dieses Flusses hin etwa 40 Werst vor der Mündung des Flusses in den Plotnikowaja Fluss. Die Quellen sind von Natschiki etwa 40 Werst entfernt. Der Weg bis zu den Quellen ist mühsam und beschwerlich.

Die meisten Quellen, deren Zahl beständig variirt, liegen auf der linken Seite des Flusses, welcher hier als wenig breiter Bach auftritt. Im Jahre 1882 fing eine neue Quelle zu sprudeln; nach den Angaben Juljan Merlin's, Starosta im Dorfe Natschiki, soll der Sprudel 3 Fuss hoch gewesen sein und eine Säulendicke einem Menschenkörper gleich gehabt haben. «Die starke Wärme des Wassers, das Getöse und eine Art sehr lästigen Dampfes» flösste eine unüberwindliche Furcht den Kamtschadalen ein, welche sich einbildeten, dass die Höhle ganz nahe hier irgend wo liegen mag; nur mit Hülfe eines langen Stockes, an welchem das Termometer angebunden war, versuchte Juljan Merlin die Temperatur zu messen und giebt an, dass das Quecksilber bis an den Siedepunkt gelangte, sobald er das Reservoir in Berührung mit der Wassersäule brachte. Ein Jahr früher besuchte ich selbst die Bannaja-Quellen; damals waren mehrere Sprudel vorhanden, aber der grösste und dickste war etwa nur ein Fuss hoch. Die Temperatur desselben konnte nur von Weitem gemessen werden, weil der Boden rund um den Sprudel herum ganz weich war und nicht zu stehen erlaubte; ich fand auch die Temperatur nahe dem Siedepunkt. Die Temperatur der anderen schwankte zwischen 81° C. und 83,5° C.

5. **Jawina**-Quellen oder Butin-Quellen.

Zum Andenken an eine sehr ehrliche Kamtschadalen familie Butin, von einem früher fürstlichen Stamme abstammend. Die Quellen liegen im Süden vom Jawina Dorfe auf

der linken Seite des Oziernaja Flusses (Der Fluss Oziernaja ist ein ganz anderer Fluss als der früher erwähnte, er nimmt seinen Anfang in einem See, Kurilskoe oziero genannt, und hat deshalb den Namen Oziernaja bekommen) und sind die südlichsten heissen Quellen Kamtschatkas. Die Lage der Quelle ist hoch auf einem Bergthale. Von dem Wege, welcher am Randabhang der Felswände die drei Uferlinien des Meeres begleitet, habe ich von Weitem die weissen Dampfwolken dieser Quelle gesehen. Bis zu der Quelle konnte ich leider nicht ankommen, weil die damalige Reise andere Zwecke verfolgte, und wegen Mangel an Pferdefutter Eile durchaus nothwendig war.

Die Probe des Wassers war eigenhändig und mit vorgeschriebener Vorsicht durch den Starosta des Dorfes Jawina geschöpft, die eine Quelle heisst Malinowka und die Temperatur soll 81° C. betragen. An den Quellen finden sich verschiedenartig gefärbte Erden, roth, blau, gelb, ziegelroth; diese «gefärbten Erden» sind in Kamtschatka weit bekannt und hoch geschätzt, man benutzt sie um die Zimmer zu bestreichen.

Die Länge des Weges vom Peterpaulshafen bis zu den Quellen kann etwa 500 Werst betragen.

Die beiden Quellen von Galigina und Jawina waren früher sehr berühmt, zu den Quellen strömten Kranke von entlegenen Punkten der Halbinsel und den Kurilischen Inseln zusammen; jetzt aber, da Bolscheretsch ganz herunter gekommen ist, wo die Dörfer Jawina und Galigina auf ein Minimum von Einwohnern reducirt sind, werden die Quellen nur von wenigen Kranken besucht.

6. Malka - Quellen.

Die Quellen sind in litterarischer Hinsicht die allerbekanntesten Quellen Kamtschatkas, sie liegen am linken Ufer des Flüsschens Klutschowka und etwa eine Werst vom Dorfe Malka entfernt. Der Fluss Klutschowka mündet in den Bystraja Fluss, und dieser in den Plotnikowaja. Die Quellen standen früher in hohem Rufe, es war hier ein Hospital eingerichtet, und es stand noch zu der Zeit, wo Prof. Ermann diesen Ort besuchte. Die ganze Umgebung hatte damals einen civilisirten Anstrich; von alle dem ist nichts geblieben und kein einziges Merkmal errinert an das Vergangene.

Die Quellen entspringen in einem aus Rollsteinen gebildeten flachen Boden, das Wasser sammelt sich in ein kleines Reservoir, welches in einem steinigten Boden auf sehr primitive Weise ausgeschabt worden ist; von hier fliesst das Wasser in einen Bach ab, welcher warmer Bach genannt wird, dieser mündet gleich in den Fluss Klutschowka. Will man ein warmes Bad nehmen, so dämmt man mit Steinen den Bach quer durch, nimmt von seinem Bett grössere Steine weg und das Bad ist fertig; je mehr man den Bach gegen die heissen Quellen abdämmt, desto wärmer ist das Bad.

Die Temperatur der Quellen beträgt:

1. Quelle = + 76.2° C; 2. Quelle = + 81.2° C; 3. Quelle = + 80,0° C; 4. Quelle =

+ 71.2°C. Prof. Ermann fand die Temperatur der Quelle = 64.5°R = 80.6°C. Die Temperatur des Reservoirs = 66.4°R = 83.0° C.

Die Temperatur des Badeortes, welcher 1881 künstlich angelegt war, betrug + 46.2°C. Die Temperatur der Luft am $^{10}/_{IV}$ 1881, wo ich die Temperaturmessungen der Quelle vornahm, war + 2.5° C.

Die Entfernung der Malkaquellen vom Peterpaulshafen beträgt ungefähr 130—140 Werst, der Weg führt über Natschiki, oder man kann seitwärts von diesem Dorfe, auf einem Nebenwege, nach Malka gelangen. Der Weg ist nur ein Reitsteg.

Die Umgebung der Malkaquellen ist hübsch. Das Klutschowkathal ist ziemlich breit von bewaldeten Bergen umgeben. Das Thal selbst hat parkähnliche Anlagen von Bäumen und Sträuchern. Birken, Pappeln, Weiden, Sambucus, Crataegus, Spiräen, Rosen, Lonizeren, etc. bedecken die Höhen. Nahe an der Quelle ist ein ärmlicher kleiner Kartoffelgarten in dem erwärmten steinigten Boden errichtet. Im Sommer fand ich den Garten ganz verdorrt.

Der Badeort wird jetzt gar nicht besucht; die Einwohner des naheliegenden kleinen und sehr armen Dorfes Malka waschen ihre schmutzige Wäsche und nehmen mitunter ein warmes Bad.

7. **Kireun** - Quellen.

Sie sind sehr wenig bekannt in Kamtschatka, liegen auf der linken Seite des Kamtschatka Flusses, am Ufer des Flüsschens Kireun, etwa 30 Werst vom Dorfe Kozirewskaja und etwa 40 Werst vom Dorfe Uschki entfernt. Das Bad wird nur von den Einwohnern der genannten Dörfer besucht, Proben aus den Quellen hat der Starosta des Dorfes Kozirewskaja genommen.

8. **Uka** - Quellen.

Diese sind wahrscheinlich die nördlichsten Quellen Kamtschatkas und liegen etwa unter 58° N. B. Ihre Entfernung vom Dorfe Uka beträgt eine Tagereise, und zwar im Winter auf Hundeschlitten; sie sind hauptsächlich von den Nomaden — Lomuten und nomadisirenden Korjaken — besucht, auch einige von den Einwohnern des kleinen Dorfes Uka haben sie während des Winters besucht.

Die Wasserproben aus diesen Quellen waren von dem Ukinschen Starosta Klotschew genommen.

II. Die zweite Reihe fasst die Quellen zusammen welche nur von den Zobeljägern während des Winters besucht werden.

a. **Jagodnaja** - Quellen oder **Byschajew** - Quellen.

Sie wurden im Jahre 1882 zum ersten male aufgefunden, sie liegen etwa 50—80 Werst vom Dorfe Nikolajewsk entfernt, im Thale eines Flüsschens, welches nach Osten gegen das Meer fliesst.

b. Die **Wimut'schen** - Quellen wurden unter den Paratunkischen Quellen besprochen.

c. **Bannaja** - Quellen sind unter der № 4*c.* besprochen.

d. **Dzupanowa** - Quellen (Russisch Zupanowa).

Liegen auf der Ostseite der Halbinsel am Ufer des Flusses Dzupanowa, sie sollen sehr zahlreich und auch wasserreich sein.

e. **Nalitschewa** - Quellen (Russisch Nalytschewa).

Sie liegen am Ufer des Flusses Nalitschewa und sollen zahlreich sein.

f. **Schemiatschik** - Quellen.

Sie sind schon von Steller und Krascheninnikov erwähnt worden, sollen sehr zahlreich und sehr wasserreich sein. Man theilt sie in obere und untere Schemiatschik Quellen, — grosse Thalstrecken sollen im Winter von Dampfwolken, welche den Quellen entsteigen, erfüllt werden.

g. **Kresty** - Quellen oder Grygorjewsche Quellen.

Sie sind mir äusserst mangelhaft von den Einwohnern des Dorfes Kresty geschildert worden. Feldscher Grygorjew theilte mir mit, dass sie auf der linken Seite des Kamtschatka-Flusses liegen, etwa 30 Werst vom Dorfe Kresty entfernt, auch sollen sie früher als Badeorte benutzt worden sein.

h. **Siedanka** - Quellen oder Mironow Quellen.

Im Jahre 1881 meldete man mir dass nomadisirende Korjaken in den Gebirgen nahe den Quellen des linken Siedanka Flusses heisse Quellen endeckt haben. Sie sahen von Weitem eine Dampfwolke, welche sich beständig über einem Bache erhob, diese von den Korjaken angegebene Stelle soll sich in 60 — 70 Werst Entfernung von dem Dorfe Siedanka befinden. Im Jahre 1882 gab ich dem Feldscher Mironow den Auftrag, die Quellen im Winter aufzusuchen und Wasserproben zu nehmen, allein starkes Schneegestöber welches im Winter 1882 fortwährend in den Gebirgen geherrscht hat, hinderte den Auftrag auszuführen.

Dies ist nun alles was ich während meines Aufenthaltes in Kamtschatka erfahren habe, Die Proben waren reichlich zusammengebracht, allein eine ganze Sendung verunglückte. Diejenigen Proben welche sich jetzt in Dorpat befinden, sind durch die Liebenswürdigkeit meines Landsmanns, des Herrn Lieutenant der Russischen Marine W. v. Strahlborn auf dem Schiffe Wiestrik nach Kronstadt gebracht. Dieser Liebenswürdigkeit habe ich nur zu verdanken, dass sie nicht dasselbe Schicksal gehabt, welches der früheren sehr grossen Sammlung zu Theil wurde.

Dr. B. Dybowski.

Name der Quelle.	N. Breite.	Westliche L. v. Greenw.	Name des nächsten Vulkans.	Entfern. von demselben*).	Grösst. Temp. der Quelle.
Jawina oder Butin Quelle	51° 26′	204° 44′	Oziernaja sopka Kambalinaja s.	25 W 15 W	?
Galygina	52° 0′	203° 5′	Galyginskaja s.	30 W	?
Jagodnaja oder Byschajew Quelle.	52° 45′	201° 35′	Asatscha Wilujtschik Korjakskaja s.	25 W 30 W 35 W	?
Banna oder Merlin Quelle	52° 53′	202° 5′	Wilujtschik Asatscha Opalskaja	50 W 50 W 60 W	100° C.
Apatscha.	53° 0′	202° 30′	Wilujtschik Opalskaja	80 40	72,5° C.
Natschika Quelle. .	53° 7′	201° 40′	Korjakskaja s.	50	70° C.
Paratunka.					
Sierebrannikow. . . Zawojko . . . . . . Galenischtschew Q.	53° 0′	201° 35′	Wilujtschik Asatscha	30 W 25 W	45° C. 81° C. 25° C.
Malka.	53° 24′	201° 57′	Korjakskaja s.	90 W	?
Nalytschewa.	53° 25′	200° 55′	Zupanowa	30	?
Zupanowa	53° 43′	200° 42′	Zupanowa	25	?
Schemiatschik. . . .	54° 10′	200° 20′	Zupanowa Kronotskaja	80 90	?
Kireun	56° 14′	200° 0′	Tolbatschik Klutschewka	60 60	?
Kresty	56° 22′	199° 40′	Klutschewskaja	40	?
Siedanka	57° 15′	200° 0′	Siewielutsch	120	?
Uka	58° 16′	198° 42′	Siewielutsch	200	?

*) Die Entfernung in gerader Richtung mehr oder weniger genau approximativ.

Analytische Data.

Behufs möglichst vollständiger Ausnutzung des vorliegenden Untersuchungsmaterials wurden

a. Das Volumgewicht mittelst Sprengels Piknometer bestimmt.

b. 100 bis 200 Cc. Wasser successive mit Silbernitrat und Baryumnitrat gefällt = Cl, H_2S, SO_3.

c. Der Rest (500 bis 2700 Cc.) in grosser Platinschale auf circa 50 Cc. eingedampft, mit gleichem Volum Alcohol versetzt, die Alcohollösung abfiltrirt, mit 50% Alcohol ausgewaschen. Filtrat und Wasch-Alcohol eingetrocknet, in wenig Wasser wieder aufgenommen. die *stets alkalische* Lösung mit verdünnter Salzsäure schwach angesäuert und in einem sorgfältig graduirten Scheidetrichter (mit Glashahn und eingeschliffnem Stöpsel) mit 0,5 bis 1 Cc. Chloroform und etwas Chlorwasser durchgeschüttelt. Die stets eintretende schwachgelbliche Färbung colorimetrisch mit einer Normal-Brom-Chloroformlösung von 0,1 bis 0,01% Brom-Gehalt verglichen, ergab den Brom-Gehalt.

Der Alcoholniederschlag, sämmtliche Kieselsäure, Gyps, Spuren Phosphorsäure und Eisenoxyd, den grössten Theil der Sulfate enthaltend, wurde behufs Abscheidung der Kieselsäure mit einigen Tropfen verdünnter Salpetersäure und Wasser eingetrocknet, auf 150° C erhitzt, mit heisser verdünnter Salpetersäure wieder aufgenommen, die ausgeschiedene Kieselsäure abfiltrirt, Filtrat und Waschwasser eingetrocknet mit 10 Cc. (= 0,01 grm. Fe_2O_3) Eisenchloridlösung, etwas Ammoniumacetet und Wasser gekocht, der sämmtliche Phosphorsäure, Eisenoxyd + Fe_2O_3 Zusatz enhaltende Niederschlag geglüht, gewogen, in verdünnter Schwefelsäure gelöst, mittelst Zink und Kaliumpermanganat Fe_2O_3 volumetrisch bestimmt, Spur Phosphorsäure aus der Differenz ermittelt, durch Molybdänsäure qualitativ controlirt.

Sämmtliche Lösungen und Waschwasser vereint in grosser Platinschale eingedampft, mit Ammoniumoxalat gefällt ergaben Calcium — eingedampft, geglüht, mittels Barytwasser und Kohlensäure: Magnesium, Natrium, Kalium, Rubidium. Die in bekannter Weise erhaltenen gewogenen Kalium + Rubidium-Platinchlorid Niederschläge sämmtlicher Wasser im Wasserstoffstrom geglüht (= ClK + RbCl + Pt), die Wasserlösung des gewogenen KCl + RbCl durch Silbernitrat gefällt, ergaben das Gesammtverhältniss von KCl : RbCl und K_2PtCl_6 : Rb_2PtCl_6 aus folgenden Daten:

0,3978 grm. KCl + RbCl gaben 0,7517 grm. AgCl = 188,964% AgCl entsprechend dem Verhältnisse der beiden Chloride

95,536 KCl
4,464 RbCl

100,000 KCl + RbCl

oder der Platindoppelchloride:

$$\begin{aligned} 96{,}697\ K_2PtCl_6 &= 15{,}502\ K \\ 3{,}303\ Rb_2PtCl_6 &= 0{,}976\ Rb \\ \hline 100{,}000 & \end{aligned}$$

Da die Mengen der in jedem Einzelfalle erhaltenen Platindoppelchloride zu gering war, um dieselbe Trennung mit einiger Sicherheit ausführen zu können, so wurde dieses Verhältniss, als warscheinlich annähernd gleich bleibend, sämmtlichen Analysen zu Grunde gelegt.

Die aus *b*) erhaltenen $BaSO_4$ Niederschläge wurden noch feucht durch Auskochen mit verdünnter Salzsäure, hinterheriges Auswaschen mit ammoniakalischem Wasser von jeder Spur mitgefällten BaN_2O_6 oder $AgNO_3$ befreit, ebenso die aus *c)* erhaltenen Calciumoxalat Niederschläge durch Wiederauflösung in Salzsäure und Fällen aus diesen stark mit Salmiak versetzten Lösungen durch NH_3 von etwa mitgefälltem Magnesiumoxalat.

Sämmtliche AgCl + AgBr Niederschläge *(b)* wurden mit Zink reducirt und die erhaltene $ZnCl_2$ + $ZnBr_2$ Lösung mit etwas Chlorwasser + Chloroform zur annähernden Control-bestimmung des Gesammt-Bromgehaltes benutzt.

Die Filtrate von AgCl + AgBr und $BaSO_4$ nebst Waschwasser *(b)*, durch H_2S und etwas Schwefelsäure vom Silber- und Baryt-Ueberschüsse befreit, dienten eingetrocknet zur spectroscopischen qualitativen Controll-Prüfung des Rubidiumgehaltes.

Die durch Kaliumpermanganat oxydirten $Fe_2(SO_4)_3$ + $ZnSO_4$ + $MnSO_4$ Lösungen *(c)* vereint mit Molyhdänsäuremischung versetzt dienten zur qualitativen Control-bestimmung der Phosphorsäure.

Auf Ammoniak, Nitrate, Nitrite, Borsäure, Arsensäure, freie CO_2, Methan oder andere Kohlenwasserstoffe gestattete die geringe Menge des Untersuchungsmaterials leider keine Prüfung.

Zur Vermeidung unnöthiger Wiederholungen sind die analytischen Data nachstehend in tabellarischer Form und geographischer Folge, von SW nach NO fortschreitend, zusammengestellt worden. Die grossen Schwierigkeiten der Wiederbeschaffung des seltenen Untersuchungsmaterials, sowie die interessanten hydrogenetischen Beziehungen desselben zu den thätigen oder erloschenen Vulkanen Kamtschatka's, geboten unbedingt die Mittheilung sämmtlicher Wägungen in den Originalzahlen, nach denen derartige Analysen allein Jahrhunderte hindurch vergleichbar bleiben. Nur auf Grundlage letzterer erhalten Hypothesen über säkulare Aenderungen der Zusammensetzung obiger Thermen und Quellen, die successive Auslaugung ihrer trachytischen oder anderweitigen Muttergesteine durch die letztere stetig durchsickernden atmosphärischen Niederschläge: Nebel, Thau, Schnee- und Gletscher-Wasser oder, bei Meeres-Nähe, infiltrirtes Oceanwasser, reale Bedeutung und die erwünschte analytische Controle.

Tab

Analyt

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	P a r a t	
	A	B			Sierebrannikow.	Zawoik
Nördliche Breite. .	51° 26′	51° 26′	52° 0′	52° 53′	53° 0′	53° 0
Östliche Länge von Greenwich	155° 16′	155° 16′	156° 55′	157° 55′	158° 5′	158° 5
Quellentemperat. C°.				100°	45°	81°
Volumgewicht bei 18° C. (Wasser-gleicher Temp.=1)	1,00266	1,00233	1,00219	1,00154	1,00163	1,00
..grm.Thermalwasser	99,448	81,921	212,261	198,411	170,701	170,83
... AgCl + AgBr. . .	0,7178	0,5235	1,0263	0,0903	0,1342	0,11
... Ag_2S					0,0165	
... $BaSO_4$.	0,0275	0,0172	0,1093	0,2532	0,2885	0,26
..grm.Thermalwasser	510,787	643,520	682,646	1386,740	2706,836	1225,15
... CaO.	0,0048	0,0036	0,1986	0,0327	0,5168	0,20
... $MgSO_4$.	0,0199	0,0225	0,1022	0,0354	0,2102	0,04
... RbCl+KCl+NaCl	1,5892	1,7619	1,2633	1,1970	2,1129	0,86
... $Rb_2PtCl_6+K_2PtCl_6$	0,2326	0,2811	0,1752	0,3414	0,2217	0,09
... SiO_2.	0,1049	0,1192	0,0602	0,2415	0,1338	0,04
... Br	0,00024	0,00028	0,0011	0,0004	0,0011	0,00
... Fe_2O_3	0,00021	0,00024	0,00047	0,00071	0,00149	0,00
... P_2O_5.	0,00019	0,00026	0,00083	0,00049	0,00081	0,00

lle I.

sche Data.

a. / alenitschew.	Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireun.	U k a. A	U k a. B
53° 0′	53° 0′	53° 7′	53° 24′	56° 14′	58° 16′	58° 16′
158° 5′ 25°	157° 30′ 72°5	158° 20′ 70°	158° 3′	160° 0′	161° 18′	161° 18′
1,00112	1,00062	1,00091	1,00060	1,00092	1,00212	1,00179
)6,349	265,218	236,815	244,207	185,667	291,885	109,364
0,0770	0,1295	0,1392	0,0805	0,2639	1,1874	0,2966
0,0094						
0,2565	0,0492	0,2142	0,0808	0,1086	0,3605	0,0559
)1,980	1226,661	1276,000	1073,890	1150,930	863,070	580,830
0,0646	0,0012	0,0355	0,0035	0,1483	0,4617	0,2323
0,0309	0,0036	0,0199	0,0082	0,0201	0,1151	0,0246
0,2685	0,5430	0,8775	0,4425	0,7857	0,9884	0,4387
0,0426	0,0850	0,0939	0,0758	0,3043	0,1700	0,0695
0,0125	0,1057	0,0921	0,0884	0,0480	0,0290	0,0303
0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0007	0,0019	0,0008
0,00024	0,00011	0,00011	0,00007	0,00058	0,0006	0,0004
0,00016	0,00019	0,00019	0,00013	0,00062	0,0009	0,0006

Tabelle I.

Analytische Data.

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	Paratunka.		Uka.	Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireun.	Uka.	
	A	B			Sierebrannikow.	Zawoiko.	Galenitschew.					A	B
Nördliche Breite. .	51° 26′	51° 26′	52° 0′	52° 53′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 7′	53° 24′	56° 14′	58° 16′	58° 16′
Östliche Länge von Greenwich	155° 16′	155° 16′	156° 55′	157° 55′	158° 5′	158° 5′	158° 5′	157° 30′	158° 20′	158° 3′	160° 0′	161° 18′	161° 18′
Quellentemperat. C°.				100°	45°	81°	25°	72°5	70°				
Volumgewicht bei 18° C. (Wasser-gleicher Temp.=1)	1,00266	1,00233	1,00219	1,00154	1,00163	1,0014	1,00112	1,00062	1,00091	1,00060	1,00092	1,00212	1,00179
..grm. Thermalwasser	99,448	81,921	212,261	198,411	170,701	170,838	306.349	265,218	236,815	244,207	185,667	291,885	109,364
... AgCl + AgBr. . .	0,7178	0,5235	1,0263	0,0903	0,1342	0,1153	0.0770	0,1295	0,1392	0,0805	0,2639	1,1874	0,2966
... Ag_2S					0,0165		0,0094						
... $BaSO_4$.	0,0275	0,0172	0,1093	0,2532	0,2885	0,2653	0.2565	0,0492	0.2142	0.0808	0,1086	0.3605	0,0559
..grm. Thermalwasser	510,787	643.520	682,646	1386,740	2706,836	1225,153	501.980	1226,661	1276,000	1073,890	1150,930	863,070	580,830
... CaO.	0,0048	0,0036	0,1986	0,0327	0,5168	0,2091	0,0646	0,0012	0,0355	0,0035	0,1483	0,4617	0,2323
... $MgSO_4$	0,0199	0,0225	0,1022	0,0354	0,2102	0,0485	0,0309	0,0036	0,0199	0,0082	0,0201	0,1151	0,0246
... RbCl+KCl+NaCl	1,5892	1,7619	1,2633	1,1970	2,1129	0,8618	0.2685	0,5430	0,8775	0,4425	0,7857	0,9884	0,4387
... $Rb_2PtCl_6+K_2PtCl_6$	0,2326	0,2811	0,1752	0,3414	0,2217	0,0973	0.0426	0,0850	0,0939	0,0758	0,3043	0,1700	0,0695
... SiO_2.	0,1049	0,1192	0,0602	0,2415	0,1338	0,0418	0.0125	0,1057	0,0921	0,0884	0,0480	0,0290	0,0303
... Br	0,00024	0,00028	0,0011	0,0004	0,0011	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0007	0,0019	0,0008
... Fe_2O_3.	0,00021	0,00024	0,00047	0,00071	0,00149	0,0004	0.00024	0,00011	0,00011	0,00007	0,00058	0,0006	0,0004
... P_2O_5.	0,00019	0,00026	0,00083	0,00049	0,00081	0,0003	0.00016	0,00019	0,00019	0,00013	0,00062	0,0009	0,0006

Tabelle II. 1000000 grm. Thermalwasser

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	Paratunka.			Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireun
	A	B			Sierebrannikow.	Zawoiko.	Galenitschew.				
Nördliche Breite	51° 26′	51° 26′	52° 0′	52° 53′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 7′	53° 24′	56° 1
Oestl. Länge von Greenw.	155° 16′	155° 16′	156° 55′	157° 55′	158° 5′	158° 5′	158° 5′	157° 30′	158° 20′	158° 3′	160° 0′
Quellentemperatur C°.	—	—	—	100°	45°	81°	25°	72,5°	70°	—	—
Spec. Gew. bei 18° (Wassergleicher Temp.=1).	1,00266	1,00233	1,00219	1,00154	1,00163	1,00149	1,00112	1,00062	1,00091	1,00060	1,0009
Rubidium Rb	4,44	4,26	2,50	2,40	0,80	0,77	0,83	0,68	0,72	0,69	2
Kalium K	70,59	67,72	39,79	38,16	12,70	12,32	13,16	10,74	11,40	10,94	4(
Natrium Na	1170,00	1025,25	697,65	309,97	297,49	266,84	200,35	165,92	261,92	153,71	23(
Calcium Ca	6,71	4,00	207,80	16,87	136,37	121,91	91,92	0,70	19,87	2,33	9
Magnesium Mg	7,79	6,99	29,94	12,75	15,53	7,84	12,31	0,59	3,12	1,53	
Eisen Fe	0,29	0,26	0,48	0,36	0,39	0,39	0,33	0,06	0,06	0,05	(
Chlor Cl	1784,49	1579,93	1194,63	112,37	194,16	166,93	92,04	120,64	145,25	81,46	35
Brom Br	0,47	0,34	1,61	0,28	0,41	0,41	0,40	0,16	0,16	0,09	(
Schwefelsäure SO_3	94,94	72,09	176,80	438,15	580,30	533,58	426,80	63,69	310,56	113,60	20(
Hydrosulfid H_2S_2	—	—	—	—	12,89	—	6,08	—	—	—	—
Phosphorsäure P_2O_5	0,38	0,40	1,22	0,35	0,30	0,34	0,32	0,16	0,15	0,12	(
*Kohlens. der Bicarb. C_2O_4	40,20	30,53	267,46	99,01	27,73	27,27	46,75	113,11	46,80	90,88	5
Sauerstoff aeq. SO_3, P_2O_5, C_2O_4	26,40	20,02	84,09	105,67	121,14	111,72	93,78	33,32	70,64	39,25	5
Kieselsäure SiO_2	205,37	185,24	88,19	174,15	49,48	33,95	24,90	86,17	72,18	82,32	4
Summa der Mineralbestandtheile	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449,69	1284,28	1009,37	595,94	942,83	576,97	107
Wasser u. freie CO_2	996587,93	997002,97	997207,84	998689,51	998550,31	998715,73	998990,63	999404,06	999057,17	999423,03	99892
Thermalwasser	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	100000
*Als Bicarbonate berechnet nicht direct bestimmt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa der Mineralbest. minus halbgebundener CO_2 (H_2O freier Abdampfrückst. berechnet).	3391,90	2981,71	2658,32	1260,91	1435,74	1270,56	985,94	539,38	919,42	531,51	1050.

Tabelle III. 100 grm

Rubidium Rb	0,130	0,142	0,089	0,183	0,055	0,060	0,082	0,114	0,076	0,120	0,2
Kalium K	2,069	2,260	1,425	2,912	0,876	0,959	1,304	1,802	1,209	1,896	3,7
Natrium Na	34,291	34,209	24,987	23,653	20,522	20,778	19,848	27,843	27,781	26,641	21,9
Calcium Ca	0,197	0,134	7,442	1,287	9,407	9,493	9,107	0,117	2,107	0,404	8,5
Magnesium Mg	0,228	0,233	1,072	0,973	1,071	0,610	1,220	0,099	0,331	0,265	0,3
Eisen Fe	0,009	0,009	0,017	0,027	0,027	0,030	0,033	0,010	0,006	0,009	0,0
Chlor Cl	52,298	52,716	42,784	8,575	13,394	12,998	9,119	20,244	15,406	14,129	32,5
Brom Br	0,014	0,011	0,058	0,021	0,028	0,032	0,040	0,026	0,017	0,016	0,0
Schwefelsäure SO_3	2,782	2,405	6,332	33,434	40,028	41,548	42,283	10,687	32,939	19,688	18,5
Hydrosulfid H_2S_2	—	—	—	—	0,889	—	0,602	—	—	—	—
Phosphorsäure P_2O_5	0,011	0,013	0,044	0,027	0,021	0,026	0,032	0,027	0,016	0,021	0,0
Kohlens. der Bicarb. C_2O_4	1,178	1,019	9,579	7,555	1,913	2,124	4,572	18,980	4,964	15,740	5,3
Sauerstoff aeq. SO_3, P_2O_5, C_2O_4	0,774	0,668	3,012	8,064	8,356	8,699	9,291	5,591	7,492	6,803	4,7
Kieselsäure SiO_2	6,019	6,181	3,159	13,289	3,413	2,643	2,467	14,460	7,656	14,268	3,8
Summa der Mineralbestandtheile	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,0

(circa 1 Cubikmeter) enthalten ..... grm. Mineralbestandtheile:

U k a. A	U k a. B	Ocean Mittel.	Rachmanow Therme (Altai).	Skribla (Island).	Badhstofa (Island).	Aix les Bains (Savoyen).	Luxeuil (Vogesen).	Grosser Geysir (Island).	Tan-la (Tibet).	Hammam Meschutin (Algier).	Te Tarata (Neu Seeland)
58° 16′ 61° 18′	58° 16′ 161° 18′										
—	—	—	42,5°	100°	100°	43,5°	51,7°	über 100°	52°	97°	100°
,00212	1,00179	1,02503	1,00021	—	—	—	—	—	1,00113		
1,92	1,17	12,4	7,62								
30,53	18,55	288,9		26,40	31,96	?	35,99	21,33	27,5	9,65	83,85
427,09	282,93	10128,7	29,20	70,97	65,40	22,70	313,60	223,46	199,3	220,98	808,79
382,10	285,67	376,4	3,82	3,00	8,86	103,76	22,68	NH_4 3,11	140,5	218,81	10,06
26,67	8,47	1233,6	0,37	6,42	12,66	19,70	1,19	0,84	19,3	33,33	
0,49	0,48	1,5	—	—	—	0,48	Al_2O_3 Fe_2O_3 Mu_2O_3 8,38	—	0,6	Sr 0,89	
1004,62	669,80	18218,7	3,89	81,40	142,60	17,90	420,95	152,79	10,7	74,44	1028,61
2,20	1,38	44,0									
424,01	175,50	2148,1	*28,11	54,90	46,40	125,25	92,70	84,85	74,2	327,90	34,64
—	—	—	—	—	—	3,64	—	3,72	2,3		
1,04	0,99	5,7	—	—	—	2,99	—	—	—	As_2O_5 0,77	Al_2O_3 4,57
75,51	196,55	23,6	38,36	*33,40	*—	*178,44	*68,20	*168,44	694,2	*271,60	*346,06
98,65	70,95	434,6	12,60	15,35	9,28	58,50	31,11	47,59	140,9	114,98	69,85
33,60	52,17	8,0	48,86	166,30	237,30	47,90	113,71	509,70	32,1	70,00	605,71
2508,43	1764,61	32924,2	172,83	458,14	554,46	581,26	1108,51	1215,83	1341,6	1343,35	2982,14
7491,57	998235,39	9967075,8	999827,17								
)000,00	1000000,00	1000000,0	1000000,00								
—	—	—	*SO_3+SO_3 aeq. des H_2S_2	*gefunden 78,00 CO_2 mithin 44,60 freie CO_2	*keine gebund. CO_2 101,90 freie CO_2 3,80 freier H_2S	*als Bicarb. geb. dazu 4,00 freie CO_2	*gefunden 47,89 CO_2	*gefunden 139,92 CO_2	—	*im Gasgemenge frei: 97 Vol.% CO_2 0,5 — H_2S 2,5 — N	*gefunden 11,06 CO_2 (?)
70,57	1666,23	32911,9	153,65	441,44	554,46	491,93	1074,41	1131,61	994,6	1207,55	2819,11

Mineralbestandtheile enthalten:

),077	0,066	0,038									
1,217	1,051	0,878	4,409	5,762	5,764	?	3,247	1,754	2,050	0,718	2,802
7,026	16,034	30,769	16,895	15,491	11,796	3,905	28,291	18,379	14,855	16,451	27,030
5,233	16,189	1,143	2,210	0,655	1,598	17,851	2,046	NH_4 0,256	10,473	16,288	0,336
1,063	0,480	3,747	0,214	1,402	2,283	3,389	0,107	0,069	1,439	2,481	
0,020	0,027	0,005	—	—	—	0,083	Al_2O_3 Fe_2O_3 Mu_2O_3 0,756	—	0,045	Sr 0,066	Al_2O_3 0,153
),050	37,958	55,345	2,251	17,767	25,719	3,079	37,974	12,567	0,798	5,541	34,378
),087	0,078	0,134									
3,903	9,946	6,526	16,265	11,985	8,368	21,548	8,363	6,979	5,531	24,409	1,158
—	—	—	—	—	—	0,626	—	0,306	0,171		
),041	0,056	0,017	—	—	—	0,514	—	—	—	As_2O_5 0,057	
3,010	11,138	0,074	22,195	7,290	—	30,699	6,152	13,854	51,743	20,219	11,565
3,933	4,021	1,300	7,290	3,350	1,673	10,065	2,806	3,914	10,502	8,559	2,334
1,340	2,956	0,024	28,270	36,298	42,799	8,241	10,258	41,922	2,393	5,211	20,244
),000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tabelle II. 1000000 grm. Thermalwasser

	Jawina (Butin). A	Jawina (Butin). B	Galygina.	Banna (Merlin).	Paratunka. Sierebrannikow.	Paratunka. Zawoiko.	Paratunka. Galenitschew.	Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireu
Nördliche Breite	51° 26′	51° 26′	52° 0′	52° 53′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 0′	53° 7′	53° 24′	56° 1
Oestl. Länge von Greenw.	155° 16′	155° 16′	156° 55′	157° 55′ 100°	158° 5′ 45°	158° 5′ 81°	158° 5′ 25°	157° 30′ 72,5°	158° 20′ 70°	158° 3′ —	160°
Quellentemperatur C°	—	—	—								
Spec. Gew. bei 18° (Wasser gleicher Temp.=1)	1,00266	1,00233	1,00219	1,00154	1,00163	1,00149	1,00112	1,00062	1,00091	1,00060	1,000
Rubidium Rb	4,44	4,26	2,50	2,40	0,80	0,77	0,83	0,68	0,72	0,69	
Kalium K	70,59	67,72	39,79	38,16	12,70	12,32	13,16	10,74	11,40	10,94	
Natrium Na	1170,00	1025,25	697,65	309,97	297,49	266,84	200,35	165,92	261,92	153,71	
Calcium Ca	6,71	4,00	207,80	16,87	136,37	121,91	91,92	0,70	19,87	2,33	
Magnesium Mg	7,79	6,99	29,94	12,75	15,58	7,84	12,31	0,59	3,12	1,58	
Eisen Fe	0,29	0,26	0,48	0,36	0,39	0,39	0,33	0,06	0,06	0,05	
Chlor Cl	1784,49	1579,93	1194,63	112,37	194,16	166,93	92,04	120,64	145,25	81,46	
Brom Br	0,47	0,34	1,61	0,28	0,41	0,41	0,40	0,16	0,16	0,09	
Schwefelsäure SO_3	94,94	72,09	176,80	438,15	580,30	533,58	426,80	63,69	310,56	113,60	
Hydrosulfid H_2S_2	—	—	—	—	12,89	—	6,08	—	—	—	
Phosphorsäure P_2O_5	0,38	0,40	1,22	0,35	0,30	0,34	0,32	0,16	0,15	0,12	
*Kohlens. der Bicarb. C_2O_4	40,20	30,58	267,46	99,01	27,73	27,27	46,75	113,11	46,80	90,88	
Sauerstoff aeq. SO_3, P_2O_5, C_2O_4	26,40	20,02	84,09	105,67	121,14	111,72	93,78	33,32	70,64	39,25	
Kieselsäure SiO_2	205,37	185,24	88,19	174,15	49,48	33,95	24,90	86,17	72,18	82,32	
Summa der Mineralbestandtheile	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449,69	1284,28	1009,37	595,94	942,83	576,97	
Wasser u. freie CO_2	996587,93	997002,97	997207,84	998689,51	998550,31	998715,73	998990,63	999404,06	999057,17	999423,03	
Thermalwasser	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	1000000,00	
*Als Bicarbonate berechnet nicht direct bestimmt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Summa der Mineralbest. minus halbgebundener CO_2 (H_2O freier Abdampfrückst. berechnet)	3391,90	2981,71	2658,32	1260,91	1435,74	1270,56	985,94	539,38	919,42	531,51	

Tabelle III. 100 grm.

Rubidium Rb	0,130	0,142	0,089	0,183	0,055	0,060	0,082	0,114	0,076	0,120	
Kalium K	2,069	2,260	1,425	2,912	0,876	0,959	1,304	1,802	1,209	1,896	
Natrium Na	34,291	34,209	24,987	23,653	20,522	20,778	19,848	27,843	27,781	26,641	
Calcium Ca	0,197	0,134	7,442	1,287	9,407	9,493	9,107	0,117	2,107	0,404	
Magnesium Mg	0,228	0,233	1,072	0,973	1,071	0,610	1,220	0,099	0,331	0,265	
Eisen Fe	0,009	0,009	0,017	0,027	0,027	0,030	0,033	0,010	0,006	0,009	
Chlor Cl	52,298	52,716	42,784	8,575	13,394	12,998	9,119	20,244	15,406	14,129	
Brom Br	0,014	0,011	0,058	0,021	0,028	0,032	0,040	0,026	0,017	0,016	
Schwefelsäure SO_3	2,782	2,405	6,332	33,434	40,028	41,548	42,283	10,687	32,939	19,688	
Hydrosulfid H_2S_2	—	—	—	—	0,889	—	0,602	—	—	—	
Phosphorsäure P_2O_5	0,011	0,013	0,044	0,027	0,021	0,026	0,032	0,027	0,016	0,021	
Kohlens. der Bicarb. C_2O_4	1,178	1,019	9,579	7,555	1,913	2,124	4,572	18,980	4,964	15,740	
Sauerstoff aeq. SO_3, P_2O_5, C_2O_4	0,774	0,668	3,012	8,064	8,356	8,699	9,291	5,591	7,492	6,803	
Kieselsäure SiO_2	6,019	6,181	3,159	13,289	3,413	2,643	2,467	14,460	7,656	14,268	
Summa der Mineralbestandtheile	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	

(circa 1 Cubikmeter) enthalten ..... grm. Mineralbestandtheile:

	k a. A	k a. B	Ocean Mittel.	Rachmanow Therme (Altai).	Skribla (Island).	Badhstofa (Island).	Aix les Bains (Savoyen).	Luxeuil (Vogesen).	Grosser Geysir (Island).	Tan-la (Tibet).	Hammam Meschutin (Algier).	Te Tarata (Neu Seeland)
	58° 16′ 161° 18′											
	—	—	—	42,5°	100°	100°	43,5°	51,7°	über 100°	52°	97°	100°
		1,00179	1,02503	1,00021	—	—	—	—	—	1,00113		
	1,92	1,17	12,4	7,62								
	30,53	18,55	288,9		26,40	31,96	?	35,99	21,33	27,5	9,65	83,85
	427,09	282,93	10128,7	29,20	70,97	65,40	22,70	313,60	223,46	199,3	220,98	808,79
	382,10	285,67	376,4	3,82	3,00	8,86	103,76	22,68	NH_4 3,11	140,5	218,81	10,06
	26,67	8,47	1233,6	0,37	6,42	12,66	19,70	1,19	0,84	19,3	33,33	
	0,49	0,48	1,5	—	—	—	0,48	Al_2O_3 Fe_2O_3 Mn_2O_3 8,38	—	0,6	Sr 0,89	
	1004,62	669,80	18218,7	3,89	81,40	142,60	17,90	420,95	152,79	10,7	74,44	1028,61
	2,20	1,38	44,0									
	424,01	175,50	2148,1	*28,11	54,90	46,40	125,25	92,70	84,85	74,2	327,90	34,64
	—	—	—	—	—	—	3,64	—	3,72	2,3		
	1,04	0,99	5,7	—	—	—	2,99	—	—	—	As_2O_5 0,77	Al_2O_3 4,57
	75,51	196,55	23,6	38,36	*33,40	*—	*178,44	*68,20	*168,44	694,2	*271,60	*346,06
	98,65	70,95	434,6	12,60	15,35	9,28	58,50	31,11	47,59	140,9	114,98	69,85
	53,60	52,17	8,0	48,86	166,30	237,30	47,90	113,71	509,70	32,1	70,00	605,71
	2906,43	1764,61	32924,2	172,83	458,14	554,46	581,26	1108,51	1215,83	1341,6	1343,35	2982,14
	7091,57	998235,39	9967075,8	999827,17								
	10000,00	1000000,00	1000000,0	1000000,00								
	—	—	—	*SO_3+SO_3 aeq. des H_2S_2	*gefunden 78,00 CO_2 mithin 44,60 freie CO_2	*keine gebund. CO_2 101,90 freie CO_2 3,80 freier H_2S	*als Bicarb. geb. dazu 4,00 freie CO_2	*gefunden 47,89 CO_2	*gefunden 139,92 CO_2	—	*im Gasgemenge frei: 97 Vol.% CO_2 0,5 — H_2S 2,5 — N	*gefunden 11,06 CO_2 (?)
	1750,77	1666,23	32911,9	153,65	441,44	554,46	491,93	1074,41	1131,61	994,6	1207,55	2819,11

Mineralbestandtheile enthalten:

	0,077	0,066	0,038									
	1,217	1,051	0,878	4,409	5,762	5,764	?	3,247	1,754	2,050	0,718	2,802
	17,626	16,034	30,769	16,895	15,491	11,796	3,905	28,291	18,379	14,855	16,451	27,030
	15,233	16,189	1,143	2,210	0,655	1,598	17,851	2,046	NH_4 0,256	10,473	16,288	0,336
	1,463	0,480	3,747	0,214	1,402	2,283	3,389	0,107	0,069	1,439	2,481	
	0,020	0,027	0,005	—	—	—	0,083	Al_2O_3 Fe_2O_3 Mn_2O_3 0,756	—	0,045	Sr 0,066	Al_2O_3 0,153
	37,970	37,958	55,345	2,251	17,767	25,719	3,079	37,974	12,567	0,798	5,541	34,378
	0,067	0,078	0,134									
	9,903	9,946	6,526	16,265	11,985	8,368	21,548	8,363	6,979	5,531	24,409	1,158
	—	—	—	—	—	—	0,626	—	0,306	0,171		
	0,041	0,056	0,017	—	—	—	0,514	—	—	—	As_2O_5 0,057	
	11,010	11,138	0,074	22,195	7,290	—	30,699	6,152	13,854	51,743	20,219	11,565
	4,763	4,021	1,300	7,290	3,350	1,673	10,065	2,806	3,914	10,502	8,559	2,334
	9,340	2,956	0,024	28,270	36,298	42,799	8,241	10,258	41,922	2,393	5,211	20,244
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tabelle IV. Gruppirung der Mineralbestandtheile in 1000000 grm. (circa 1 Cubikmeter) Calcium als Phosphat und Bicarbonat, demnächst als Sulfat und Sulfhydrur, Magnesium als Bicarbonat Bromnatrium, der Natrium Rest al

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	Paratunka.		
	A	B			Sierebrannikow.	Zawoiko.	Galenitsc
Chlorrubidium RbCl.	6,28	6,03	3,53	3,40	1,13	1,09	1,1
Chlorkalium KCl.	134,56	129,09	75,84	72,74	24,21	23,48	25,0
Chlornatrium NaCl	2835,99	2502,88	1770,15	126,70	300,83	256,48	131,6
Bromnatrium NaBr	0,60	0,44	2,07	0,36	0,53	0,53	0,5
Chlorcalcium $CaCl_2$	—	—	—	—	—	—	—
Chlormagnesium $MgCl_2$. . .	—	—	113,42	—	—	—	—
Natriumsulfat Na_2SO_4. . . .	162,66	121,13	—	777,97	551,75	511,12	457,7
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_4$	—	—	—	25,28	—	—	—
Magnesiumsulfat $MgSO_4$. .	5,00	5,80	—	—	77,64	39,21	61,5
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2.	—	—	—	—	28,06	—	13,2
Calciumsulfat $CaSO_4$	—	—	300,56	—	370,26	373,29	217,5
Calciumphosphat CaP_2O_6. .	0,53	0,56	1,70	0,49	0,42	0,47	0,4
Calciumbicarbonat CaC_2O_5.	23,76	14,01	428,61	60,37	44,27	43,54	74,6
Magnesiumbicarb. MgC_2O_5	36,49	31,11	6,72	68,00	—	—	—
Eisenbicarbonat FeC_2O_5. .	0,83	0,74	1,37	1,03	1,11	1,11	0,9
Kieselsäure SiO_2.	205,37	185,24	88,19	174,15	49,48	33,95	24,9
Kaliumsulfat K_2SO_4	—	—	—	—	—	—	—
Summa der Mineralsalze. .	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449,69	1284,27	1009,5

Tabelle V. Gruppirung der Mineralbestandtheile in 100 grm. wasserfreie

Chlorrubidium RbCl.	0,184	0,204	0,127	0,260	0,078	0,085	0,1
Chlorkalium KCl.	3,943	4,307	2,716	5,550	1,670	1,828	2,4
Chlornatrium NaCl	83,117	83,510	63,397	9,668	20,747	19,971	13,0
Bromnatrium NaBr	0,018	0,015	0,074	0,027	0,037	0,041	0'0
Chlorcalcium $CaCl_2$	—	—	—	—	—	—	—
Chlormagnesium $MgCl_2$. . .	—	—	4,062	—	—	—	—
Natriumsulfat Na_2SO_4. . . .	4,767	4,042	—	59,366	38,061	39,799	45,3
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_5$	—	—	—	1,929	—	—	—
Magnesiumsulfat $MgSO_4$. .	0,147	0,193	—	—	5,356	3,053	6,0
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2.	—	—	—	—	1,936	—	1,3
Calciumsulfat $CaSO_4$	—	—	10,764	—	25,542	29,066	21,5
Calciumphosphat CaP_2O_6. .	0,016	0,019	0,061	0,037	0,029	0,037	0,0
Calciumbicarbonat CaC_2O_5.	0,696	0,467	15,350	4,606	3,054	3,390	7,3
Magnesiumbicarb. MgC_2O_5.	1,069	1,038	0,241	5,189	—	—	—
Eisenbicarbonat FeC_2O_5. .	0,024	0,024	0,049	0,079	0,077	0,087	0,0
Kieselsäure SiO_2.	6,019	6,181	3,159	13,289	3,413	2,643	2,4
Kaliumsulfat K_2SO_4	—	—	—	—	—	—	—
Summa der Mineralsalze. .	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,0

hermalwasser .....grm. Mineralsalze, nach successivem Herauskrystallisiren beim Verdunsten. emnächst als Sulfat resp. Chlorid, Eisen als Bicarbonat, Rubidium, Kalium, Natrium als Chloride und ulfat resp. Bicarbonat berechnet.

patscha.	Natschika.	Malka.	Kireun.	U k a.		Ocean Mittel.	Rachmanow Therme (Altai)	Tan-la (Tibet) 15600′ üb. d. M.
				A	B			
0,96	1,02	0,98	3,65	2,72	1,66	17,5		
20,47	21,73	20,85	78,14	58,20	35,36	550,7	8,18	22,5
82,54	222,12	117,58	516,28	1082,51	717,27	25680,8		
0,22	0,22	0,11	0,78	2,83	1,78	56,7		
—	—	—	—	376,53	301,43	—		
—	—	—	—	106,07	33,50	3195,9		
13,09	537,86	201,71	102,16	—	—	—	43,87	103,3
36,61	—	136,66	—	—	—	—	48,78	539,2
—	11,46	—	17,46	—	—	2130,9		
—	—	—	—	—	—	—	—	3,7
—	—	—	223,80	720,82	298,35	1236,7		
0,23	0,21	0,17	0,70	1,45	1,38	7,9		
2,34	71,43	8,25	94,11	122,30	320,33	34,9	13,75	501,1
3,14	4,42	8,16	—	—	—	—	1,98	103,0
0,17	0,18	0,18	1,00	1,40	1,38	4,2	—	1,8
6,17	72,18	82,32	41,71	33,60	52,17	8,0	48,86	32,1
—	—	—	—	—	—	—	7,41	34,9
5,94	942,83	576,97	1079,79	2508,43	1764,61	32924,2	172,83	1341,6

lze der Thermalwasser nach successivem Herauskrystallisiren beim Verdunsten.

),161	0,108	0,170	0,338	1,108	0,094	0,053		
3,435	2,305	3,614	7,236	2,320	2,004	1,673	4,733	1,677
),630	23,559	20,380	47,813	43,154	40,648	78,000		
),037	0,023	0,019	0,072	0,113	0,101	0,172		
—	—	—	—	15,011	17,082	—		
—	—	—	—	4,230	1,899	9,707		
,977	57,047	34,960	9,461	—	—	—	25,384	7,700
,313	—	23,685	—	—	—	—	28,224	40,191
—	1,215	—	1,617	—	—	6,472		
—	—	—	—	—	—	—	—	0,276
—	—	—	20,727	28,734	16,907	3,756		
,039	0,022	0,029	0,064	0,058	0,078	0,024		
,393	7,577	1,430	8,716	4,876	18,153	0,106	7,956	37,351
,527	0,469	1,414	—	—	—	—	1,145	7,677
,029	0.019	0,031	0,093	0,056	0,078	0,013	—	0,134
,459	7,656	14,268	3,863	1,340	2,956	0,024	28,270	2,393
—	—	—	—	—	—	—	4,288	2,601
.000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tabelle IV. Gruppirung der Mineralbestandtheile in 1000000 grm. (circa 1 Cubikmeter) Thermalwasser .....grm. Mineralsalze, nach successivem Herauskrystallisiren beim Verdunsten. Calcium als Phosphat und Bicarbonat, demnächst als Sulfat und Sulfhydrur, Magnesium als Bicarbonat, demnächst als Sulfat resp. Chlorid, Eisen als Bicarbonat, Rubidium, Kalium, Natrium als Chloride und Bromnatrium, der Natrium Rest als Sulfat resp. Bicarbonat berechnet.

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	Paratunka			Natschika.	Malka.	Kireun.	Uka.		Ocean Mittel.	Rachmanow Therme (Altai)	Tan-la (Tibet) 15600′ üb. d. M.
	A	B			Sierebrannikow.	Zawoiko.	Galeuitsch.				A	B			
Chlorrubidium RbCl.	6,28	6,03	3,53	3,40	1,13	1,09	1,17	1,02	0,98	3,65	2,72	1,66	17,5		
Chlorkalium KCl.	134,56	129,09	75,84	72,74	24,21	23,48	25,09	21,73	20,85	78,14	58,20	35,36	550,7	8,18	22,5
Chlornatrium NaCl	2835,99	2502,88	1770,15	126,70	300,83	256,48	131,62	222,12	117,58	516,28	1082,51	717,27	25680,8		
Bromnatrium NaBr	0,60	0,44	2,07	0,36	0,53	0,53	0,52	0,22	0,11	0,78	2,83	1,78	56,7		
Chlorcalcium $CaCl_2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	376,53	301,43	—		
Chlormagnesium $MgCl_2$. . .	—	—	113,42	—	—	—	—	—	—	—	106,07	33,50	3195,9		
Natriumsulfat Na_2SO_4. . . .	162,66	121,13	—	777,97	551,75	511,12	457,72	537,86	201,71	102,16	—	—	—	43,87	103,3
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_4$	—	—	—	25,28	—	—	—	—	136,66	—	—	—	—	48,78	539,2
Magnesiumsulfat $MgSO_4$. .	5,00	5,80	—	—	77,64	39,21	61,56	11,46	—	17,46	—	—	2130,9		
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2.	—	—	—	—	28,06	—	13,23	—	—	—	—	—	—	—	3,7
Calciumsulfat $CaSO_4$	—	—	300,56	—	370,26	373,29	217,57	—	—	223,80	720,82	298,35	1236,7		
Calciumphosphat CaP_2O_6. .	0,53	0,56	1,70	0,49	0,42	0,47	0,44	0,21	0,17	0,70	1,45	1,38	7,9		
Calciumbicarbonat CaC_2O_5.	23,76	14,01	428,61	60,37	44,27	43,54	74,02	71,43	8,25	94,11	122,30	320,33	34,9	13,75	501,1
Magnesiumbicarb. MgC_2O_5	36,49	31,11	6,72	68,00	—	—	—	4,42	8,16	—	—	—	—	1,98	103,0
Eisenbicarbonat FeC_2O_5. .	0,83	0,74	1,37	1,03	1,11	1,11	0,93	0,18	0,18	1,00	1,40	1,38	4,2	—	1,8
Kieselsäure SiO_2.	205,37	185,24	88,19	174,15	49,48	33,95	24,90	72,18	82,32	41,71	33,60	52,17	8,0	48,86	32,1
Kaliumsulfat K_2SO_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			7,41	34,9
Summa der Mineralsalze. .	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449,69	1284,27	1009,37	942,83	576,97	1079,79	2508,43	1764,61	32924,2	172,83	1341,6

Tabelle V. Gruppirung der Mineralbestandtheile in 100 grm. wasserfreien Salze der Thermalwasser nach successivem Herauskrystallisiren beim Verdunsten.

Chlorrubidium RbCl.	0,184	0,204	0,127	0,260	0,078	0,085	0,116	0,161	0,108	0,170	0,338	1,108	0,094	0,053		
Chlorkalium KCl.	3,943	4,307	2,716	5,550	1,670	1,828	2,488	3,435	2,305	3,614	7,236	2,320	2,004	1,673	4,733	1,677
Chlornatrium NaCl	83,117	83,510	63,397	9,668	20,747	19,971	13,049	23,630	23,559	20,380	47,813	43,154	40,648	78,000		
Bromnatrium NaBr	0,018	0,015	0,074	0,027	0,037	0,041	0·051	0,037	0,023	0,019	0,072	0,113	0,101	0,172		
Chlorcalcium $CaCl_2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,011	17,082	—		
Chlormagnesium $MgCl_2$. . .	—	—	4,062	—	—	—	—	—	—	—	—	4,230	1,899	9,707		
Natriumsulfat Na_2SO_4. . . .	4,767	4,042	—	59,366	38,061	39,799	45,348	5,977	57,047	34,960	9,461	—	—	—	25,384	7,700
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_5$	—	—	—	1,929	—	—	—	1,313	—	23,685	—	—	—	—	28,224	40,191
Magnesiumsulfat $MgSO_4$. .	0,147	0,193	—	—	5,356	3,053	6,099	—	1,215	—	1,617	—	—	6,472		
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2.	—	—	—	—	1,936	—	1,311	—	—	—	—	—	—	—	—	0,276
Calciumsulfat $CaSO_4$	—	—	10,764	—	25,542	29,066	21,552	—	—	—	20,727	28,734	16,907	3,756		
Calciumphosphat CaP_2O_6. .	0,016	0,019	0,061	0,037	0,029	0,037	0,044	0,039	0,022	0,029	0,064	0,058	0,078	0,024		
Calciumbicarbonat CaC_2O_5.	0,696	0,467	15,350	4,606	3,054	3,390	7,399	2,393	7,577	1,430	8,716	4,876	18,153	0,106	7,956	37,351
Magnesiumbicarb. MgC_2O_5.	1;069	1,038	0,241	5,189	—	—	—	2,627	0,469	1,414	—	—	—	—	1,145	7,677
Eisenbicarbonat FeC_2O_5. .	0,024	0,024	0,049	0,079	0,077	0,087	0,099	0,029	0.019	0,031	0,093	0,056	0,078	0,013	—	0,134
Kieselsäure SiO_2.	6,019	6,181	3,159	13,289	3,413	2,643	2,462	5,459	7,656	14,268	3,863	1,340	2,956	0,024	28,270	2,393
Kaliumsulfat K_2SO_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,288	2,601
Summa der Mineralsalze. .	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tabelle VI. Schematische Gruppirung der Mineralbestandtheile (Rubidium und Kalium, demnächst Natrium und Calcium als Sulfate, Natrium Rest als Chlornatrium phosphat, Eisen als Bicarbonat, Calcium u

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	
	A	B			Sierebrann
Rubidiumsulfat Rb_2SO_4	7,03	6,65	3,90	3,74	1,9
Kaliumsulfat K_2SO_4.	157,16	150,77	88,59	84,96	28,9
Natriumsulfat Na_2SO_4.	36,77	1,58	239,63	706,74	917,7
Calciumsulfat $CaSO_4$.	—	—	—	—	85,7
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2	—	—	—	—	28,0
Chlornatrium NaCl.	2940,07	2601,53	1573,96	185,41	—
Bromnatrium NaBr	—	—	—	0,36	—
Chlorcalcium $CaCl_2$	3,89	4,91	376,37	—	266,3
Bromcalcium $CaBr_2$	0,59	0,42	2,01	—	—
Chlormagnesium $MgCl_2$.	—	—	—	—	31,7
Brommagnesium $MgBr_2$.	—	—	—	—	0,7
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_5$ . . .	—	—	—	25,24	—
Calciumphosphat CaP_2O_6.	0,53	0,56	1,70	0,49	0,4
Calciumbicarbonat CaC_2O_5	18,29	7,35	256,79	60,37	—
Magnesiumbicarbonat MgC_2O_5. .	41,54	37,28	159,65	68,00	39,2
Eisenbicarbonat FeC_2O_5.	0,83	0,74	1,37	1,03	1,1
Kieselsäure SiO_2	205,37	185,24	88,19	174,15	49,2
Summa der Mineralsalze	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449,4

In beiden Gruppirungen Tab. IV und V, wie in der schematischen Zuordnung der stärksten Säu an die stärksten Basen auf Tab. VI ist die Kieselsäure, bequemeren Vergleichs halber, ungebund als Anhydrid, aufgeführt. Das Gleiche gilt von der Darstellung der Bicarbonate und des Calciumphosph als hypothetische Anhydride statt der vorhandenen $NaHCO_3$, $CaH_2C_2O_6$, $MgH_2C_2O_6$, $FeH_2C_2O_6$ und CaH_4P_2

000000 grm. (circa 1 Cubikmeter) Thermalwasser ..... grm. Mineralsalze.
ventuell Bicarbonat, Chlor Rest resp. Brom an Calcium und Magnesium, Phosphorsäure als Calcium-Iagnesium Rest als Bicarbonat, berechnet).

t u n k a.		Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireun.	U k a.	
Zawoiko.	Galenitschew.					A	B
1,20	1,30	1,06	1,13	1,07	4,03	3,00	1,83
27,43	29,30	23,92	25,38	24,35	91,26	67,97	41,30
323,15	618,03	93,02	530,13	181,29	280,07	695,88	276,98
96,97	110,31	—	—	—	—	—	—
—	13,23	—	—	—	—	—	—
—	—	199,05	228,66	134,40	370,38	511,56	490,33
—	—	0,21	—	0,11	—	—	—
58,72	143,95	—	10,42	—	198,03	1058,77	582,77
—	0,50	—	0,20	—	0,76	—	1,72
2,02	—	—	—	—	—	23,56	—
0,41	—	—	—	—	—	2,53	—
—	—	186,63	—	136,71	—	—	—
0,47	0,44	0,23	0,21	0,17	0,70	1,45	1,38
—	0,82	2,34	57,70	8,25	73,23	—	269,60
38,78	65,66	3,14	16,64	8,16	18,62	108,71	45,15
1,11	0,93	0,17	0,18	0,14	1,00	1,40	1,38
33,95	24,90	86,17	72,18	82,32	41,71	33,60	52,17
784,27	1009,37	595,94	942,83	576,97	1079,79	2508,43	1764,61

eselbe praktische Rücksicht bequemer Vergleichbarkeit mit den zahlreichen Analysen anderer Thermal-sser veranlasste die Aufführung sämmtlicher Carbonate als Bicarbonate, trotzdem letztere, thatsächlich r unter starkem Drucke, in der Tiefe, vorhanden, sich zu Tage tretend je nach ihrer höheren oder niederen mperatur mehr oder minder vollständig in Sesquicarbonate resp. Carbonate und freie Kohlensäure spalten.

Tabelle VI. Schematische Gruppirung der Mineralbestandtheile in
(Rubidium und Kalium, demnächst Natrium und Calcium als Sulfate, Natrium Rest als Chlornatrium,
phosphat. Eisen als Bicarbonat, Calcium und

	Jawina (Butin).		Galygina.	Banna (Merlin).	
	A	B			Sierebrannoje
Rubidiumsulfat Rb_2SO_4	7,03	6,65	3,90	3,74	1,25
Kaliumsulfat K_2SO_4	157,16	150,77	88,59	84,96	28,28
Natriumsulfat Na_2SO_4	36,77	1.58	239,63	706,74	917,71
Calciumsulfat $CaSO_4$	—	—	—	—	85.17
Calciumsulfhydrür CaH_2S_2	—	—	—	—	28,06
Chlornatrium NaCl	2940,07	2601.53	1573,96	185,41	—
Bromnatrium NaBr	—	—	—	0,36	—
Chlorcalcium $CaCl_2$	3,89	4,91	376,37	—	266.38
Bromcalcium $CaBr_2$	0.59	0,42	2,01	—	—
Chlormagnesium $MgCl_2$	—	—	—	—	31,9
Brommagnesium $MgBr_2$	—	—	—	—	0,47
Natriumbicarbonat $Na_2C_2O_5$	—	—	—	25,24	—
Calciumphosphat CaP_2O_6	0,53	0,56	1,70	0,49	0,42
Calciumbicarbonat CaC_2O_5	18,29	7,35	256,79	60,37	—
Magnesiumbicarbonat MgC_2O_5	41,54	37,28	159,65	68,00	39.43
Eisenbicarbonat FeC_2O_5	0,83	0,74	1,37	1,03	1.1
Kieselsäure SiO_2	205,37	185,24	88,19	174,15	49.48
Summa der Mineralsalze	3412,07	2997,03	2792,16	1310,49	1449.6

In beiden Gruppirungen Tab. IV und V, wie in der schematischen Zuordnung der stärksten Säure
an die stärksten Basen auf Tab. VI ist die Kieselsäure, bequemeren Vergleichs halber, ungebunden
als Anhydrid, aufgeführt. Das Gleiche gilt von der Darstellung der Bicarbonate und des Calciumphosphas
als hypothetische Anhydride statt der vorhandenen $NaHCO_3$, $CaH_2C_2O_6$, $MgH_2C_2O_6$, $FeH_2C_2O_6$ und CaH_4P_2O

1000000 grm. (circa 1 Cubikmeter) Thermalwasser ..... grm. Mineralsalze.
eventuell Bicarbonat, Chlor Rest resp. Brom an Calcium und Magnesium, Phosphorsäure als Calcium-
Magnesium Rest als Bicarbonat, berechnet).

t u n k a.		Apatscha.	Natschika.	Malka.	Kireun.	U k a.	
Zwoiko.	Galenitschew.					A	B
1,20	1,30	1,06	1,13	1,07	4,03	3,00	1,83
27,43	29,30	23,92	25,38	24,35	91,26	67,97	41,30
823,15	618,03	93,02	530,13	181,29	280,07	695,88	276,98
96,97	110,31	—	—	—	—	—	—
—	13,23	—	—	—	—	—	—
—	—	199,05	228,66	134,40	370,38	511,56	490,33
—	—	0,21	—	0,11	—	—	—
258,72	143,95	—	10,42	—	198,03	1058,77	582,77
—	0,50	—	0,20	—	0,76	—	1,72
2,02	—	—	—	—	—	23,56	—
0,41	—	—	—	—	—	2,53	—
—	—	186,63	—	136,71	—	—	—
0,47	0,44	0,23	0,21	0,17	0,70	1,45	1,38
—	0,82	2,34	57,70	8,25	73,23	—	269,60
8,78	65,66	3,14	16,64	8,16	18,62	108,71	45,15
1,11	0,93	0,17	0,18	0,14	1,00	1,40	1,38
33,95	24,90	86,17	72,18	82,32	41,71	33,60	52,17
254,27	1009,37	595,94	942,83	576,97	1079,79	2508,43	1764,61

Dieselbe praktische Rücksicht bequemer Vergleichbarkeit mit den zahlreichen Analysen anderer Thermal-
asser veranlasste die Aufführung sämmtlicher Carbonate als Bicarbonate, trotzdem letztere, thatsächlich
r unter starkem Drucke, in der Tiefe, vorhanden, sich zu Tage tretend je nach ihrer höheren oder niederen
emperatur mehr oder minder vollständig in Sesquicarbonate resp. Carbonate und freie Kohlensäure spalten.

Die vorliegenden Thermalwasser Kamtschatka's enthalten im Cubikmeter 577 bis 3412 grammen Mineralbestandtheile, sind mithin salzreicher als 1—11, gleichen 12—19, sind salzärmer, als 20—31 der bekannten Thermen:

Mineralbestandtheile im Cubikmeter ..... grammen Mineralb. in 1 Cubikmeter:			
1. Rachmanow-Belucha-Altai	enthaltend	172,83	grm.
2. Neu-Michailow (Amur Gebiet)	»	247,4	»
3. Bagnères de Luchon (Pyrenäen)	»	243,7	»
4. Plombières, source des Dames	»	322,0	»
5. Amélie des Bains (Arles)	»	304,1	»
6. Wildbad Gastein	»	349,2	»
7. Trincheras, Venezuela	»	359,8	»
8. Ragaz-Pfäfers	»	396,23	»
9. Reykjahlid-Solfatara (Island)	»	435,33	»
10. Schlangenbad Schachtquelle	»	444,48	»
11. Skribla bei Reykholt (Island)	»	504,8	»
12. Aix les Bains (Savoyen)	»	589,6	»
13. Badhstofa in Reykir (Island)	»	657,2	»
14. Tan-la (Tibet 4877 Met. über dem Meere)	»	1076,0	»
15. Grosser Geysir (Island)	»	1187,2	»
16. Luxeuil (source du grand bain)	»	1109,44	»
17. Assmannshausen	»	1249,20	»
18. Hammam Meschoutin	»	1594,71	»
19. Te Tarata Geysir, Neu Seeland	»	2661,83	»
20. Ems, neue Badquelle	»	4311,71	»
21. Aachen Kaiserquelle	»	4396,99	»
22. Chateau neuf (Puy de Dôme)	»	4548,8	»
23. Burtscheid	»	4586,26	»
24. La Bourboule (Puy de Dôme)	»	6307,3	»
25. Royat, source de la Commune)	»	6435,4	»
26. Carlsbad Sprudel	»	6482,5	»
27. Saint Nectaire (Mont Carnadore)	»	7028,4	»
28. Bourbonne les Bains	»	7380	»
29. Vichy, puits carré	»	7839,0	»
30. Châtel Guyon, source Deval	»	7977,4	»
31. Wiesbaden Kochbrunnen	»	8770,88	»

Thermalwasser Kamtschatka's:

Malka	576,97	grm.
Apatscha	595,94	»
Natschika	942,83	»
Galenitschew	1009,37	»
Kireun	1079,79	»
Zawoiko	1284,27	»
Banna	1310,49	»
Sierebrannikow	1449,69	»
Uka (B)	1764,61	»
Uka (A)	2508,43	»
Galygina	2792,16	»
Jawina (B)	2997,03	»
Jawina (A)	3412,07	»

Alle vorliegenden Thermalwasser Kamtschatka's sind Kieselsäure ärmer als der grosse Geysir, Island, mit 509,7 grm. SiO_2 im Cubikmeter Wasser und der Te Tarata Geysir, Neu Seeland, mit 600,57 grm. SiO_2 im Cubikmeter Wasser.

Die übrigen parallelesiren sich folgendermassen nach absteigendem Kieselsäure Gehalte:

		SiO_2 im Cubikmeter Thermalwasser:	
13.	Badhstofa (Island)	237,3	grm.
11.	Skribla (Island)	166,3	»
27.	Saint Nectaire	128,0	»
30.	Châtel Guyon	111,0	»
24.	La Bourboule	105,2	»
25.	Royat	102,6	»
23.	Burtscheid	73,80	»
26.	Karlsbad Sprudel	71,5	»
18.	Hammam Meschoutin	70,0	»
29.	Vichy, puits carré	68,0	»
21.	Aachen Kaiserquelle	66,11	»
2.	Neu Michailow	61,3	»
4.	Plombières	61,0	»
31.	Wiesbaden Kochbrunnen	60,22	»
3.	Bagnères de Luchon	55,8	»
6.	Wildbad Gastein	49,6	»

1.	Rachmanow Altai	48,86 grm.
15.	Aix les Bains	47,9 »
20.	Ems, neue Badquelle	47,47 »
9.	Reykjalid Solfatara	41,71 »
10.	Schlangenbad Schachtquelle	33,35 »

Kamtschatka.	SiO_2 im Cubikmeter Thermalwasser.
Jawina A	205,37 grm.
Jawina B	185,24 »
Banna	174,15 »
Galygina	88,19 »
Apatscha	86,17 »
Malka	82,32 »
Natschika	72,18 »
Uka B	52,17 »
Sjerebrannikow	49,48 »
Kireun	41,71 »
Zawoiko	33,95 »
Uka A	33,60 »
Galenitschew	24,90 »

Das Verhältniss der Chloride zu den Sulfaten und Carbonaten in den Thermen Kamtschatka's ist sehr wechselnd. Nach aufsteigendem Schwefelsäure Gehalte (Cl = 100) geordnet, parallelesiren sie sich folgendermassen mit Oceanwasser sowie mit den Thermen des Altai, Islands, Savoyens, der Vogesen, Tibets, Algiers (Constantine, Djebel Debahr), und Neu Seelands.

Auf 100 grm Chlor enthalten ..... grm. SO_3 und C_2O_4:

	SO_3	C_2O_4	Kamtschatka.	SO_3	C_2O_4
Te Tarata (Neu Seeland)	3,37	33,64	Jawina B	4,56	2,25
Oceanwasser Mittel	11,76	0,13	Jawina A	5,32	1,93
Luxeuil (Vogesen)	22,02	16,20	Galygina	14,78	22,39
Badhstofa (Island)	32,54	—	Uka B	26,15	29,34
Grosser Geysir (Island)	55,53	110,24	Uka A	42,11	7,52
Skribla (Island)	67,45	41,03	Apatscha	52,72	93,76
Hammam Meschutin	440,48	36,49	Kireun	57,09	16,55
Tan-la (Tibet 15600 Fuss hoch)	693,47	6487,85	Malka	139,30	111,54
Aix les Bains (Savoyen)	699,72	996,85	Sierebrannikow	298,24	14,28
Rachmanow (Altai)	722,61	986,12	Zawoiko	318,85	16,33
			Banna	388,95	88,11
			Galenitschew	416,70	50,79

Auch das Verhältniss von Alkalien zu alkalischen Erden in den vorliegenden Thermen Kamtschatka's wechselt stark; nicht minder das der Alkalien Na : (K + Rb) und alkalischen Erden unter einander.

Auf 100 grm. Natrium enthalten ..... grm. (K + Rb), Ca, Mg:

	K + Rb	Ca	Mg	Kamtschatka.	K + Rb	Ca	Mg
Te Tarata	10,37	1,24	—	Jawina A	6,41	0,57	0,67
Ocean	2,97	3,72	12,18	Jawina B	7,02	0,39	0,68
Luxeuil	11,48	7,23	0,38	Galygina	6,06	29,79	4,29
Badhstofa	48,87	13,55	19,36	Uka B	6,97	100,97	2,99
Grosser Geysir	9,55	—	0,38	Uka A	7,60	89,47	6,25
Skribla	37,20	4,23	9,05	Apatscha	6,88	0,42	0,36
Hammam Meschutin	4,37	99,02	15,08	Kireun	18,41	38,89	1,47
Tan la	13,80	70,50	9,68	Malka	7,57	1,52	0,99
Aix les Bains	—	457,09	86,78	Sierebrannikow	4,54	45,84	5,22
Rachmanow	26,10	13,08	1,27	Zawoiko	4,91	45,68	2,94
				Banna	13,09	5,44	4,11
				Galenitschew	6,98	45,88	6,14

Nach dem Ueberwiegen der Hauptbestandtheile gruppiren sich die Kamtschatka-Thermen folgendermassen:

Kieselsäure und Chlornatrium verwaltend — Jawina A
Kieselsäure und Natriumsulfat... » — Banna B
Natriumsulfat ..... » — Natschika C
Natriumsulfat, Natriumcarbonat.. » — Apatscha, Malka D
Natriumsulfat und Calciumsulfat. » — Zawoiko E
Natriumsulfat, Calciumsulfat, Calciumsulfhydrür..... » — Sierebrannikow, Galenitschew F
Natriumsulfat, Calciumsulfat, Chlornatrium..... » — Kireun G
Calciumsulfat, Calciumcarbonat. » — Galygina, Uka J.

Sämmtliche vorliegende Kamtschatka-Thermen sind absolut und relativ bedeutend Kieselsäure reicher als die Oceane, relativ zum Natrium — wie zum Gesammt-Salzgehalte reicher an Kalium und Rubidium, ärmer an Magnesium als Oceanwasser. Die Kieselsäure reichsten: Jawina und Banna gleichen denen Islands: Badhstofa und Skribla.

Relativ besonders reich an Kalium und Rubidium, sind Kireun und Banna analog den Isländern, Rachmanow, Tan-la und Te Tarata.

Von den 3 Paratunka Thermen ist die heisseste (81°) Zawoiko frei von Schwefelwasserstoff oder Hydrosulfiden, während die benachbarten kälteren: Sjerebrannikow und Galenitschew relativ bedeutenden Calciumsulfhydrür Gehalt zeigen. Letztere 2 sind die einzigen Schwefelwasser der untersuchten Kamtschatka-Thermen und geben dem entsprechend mit Silbersalpeter einen dunkelbraunen AgCl + AgBr + Ag_2S-Niederschlag, während die übrigen rein weiss gefällt werden.

Die Quellenabsätze von Apatscha, Banna und Malka sind hellgelb bis roth gefärbte lockere Kieseltuffe und Ocker. Sie enthalten lufttrocken:

77	bis	83%	SiO_2
1	»	4%	$CaCO_3$
3	»	4%	$CaSO_4$
2	»	9%	Fe_2O_3
6	»	7%	H_2O

Die gelben, hellrothen uud rothen werden durch heisse Salzsäure entfärbt; alles Eisenoxyd, etwas Kalk, Schwefelsäure, Spur Phosphorsäure gehen in die hellgelbe Lösung über, reine farblose lockere amorphe Kieselsäure hinterbleibt ungelöst.

Diese Zusammensetzung nähert sich der der Isländer Thermalabsätze: 100 Th. Kieseltuffabsatz erhielten (Bickell. Ann. LXX p. 293):

	Skribla.	Badhstofa.
Kieselsäure SiO_2	88,26	91,56
Schwefelsäure SO_3	2,49	0,31
Eisenoxyd Fe_2O_3	3,26	0,18
Thonerde Al_2O_3	0,69	1,04
Kalk CaO	0,29	0,33
Magnesia MgO	Spur	0,47
Natron Na_2O	0,11	0,19
Kali K_2O	0,11	0,16
Wasser H_2O	4,76	5,76

Diese Kieselabsätze bilden eine schwerzersprengbare steinige Masse von grauweisser Farbe, die gewissen Varietäten der Kalktravertine auf das Täuschendste im äusseren Aussehen gleichen. Die Kieselerde, aus der sie ihrer Hauptmasse nach bestehn, gehört der unlöslichen Modifikation an.

Das Gleiche gilt von den, alle Farbentöne von weiss bis ziegelroth zeigenden Kieseltuffabsätzen der Jawina und den weissen bis hellbraunen der Natschika Therme.

Ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Thermalwasser Kamtschatka's, und ihrer geographischen Lage resp. Entfernung von den nächstbelegenen Vulkanen findet nicht statt.

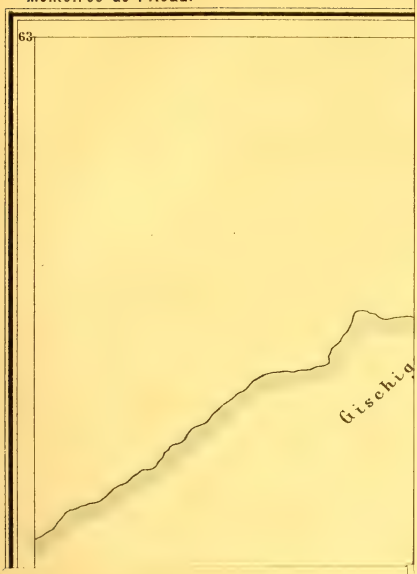
Galygina, 52°0′ N. Br. 156°55′ östl. L. v. Gr. 80 Werst vom nächsten Vulkan Galyginskaja und

Uka 58°16′ N. Br. 161°18′ östl. L. v. Gr., 200 Werst vom nächsten Vulkan Siewielutsch entfernt gehören derselben Gyps-Calcit-Quellen-Categorie J an.

Jawina, 51°26′ N. Br. 155°16′ östl. L. v. Gr., 15 Werst vom Vulkan Kambalinaja und 25 Werst vom Vulkan Oziernaja und

Banna 52°53′ N. Br. 157°55′ östl. L. v. Gr., 50—60 Werst von 3 Vulkanen, sind Silicothermen A, B.

Die Kieselsäure reichsten der vorliegenden Kamtschatka-Thermen, gehören hinsichtlich des Salzgehaltes verschiedenen Gruppen an — jene A mit weitaus überwiegendem Kochsalz Gehalte verdünnten Soolwassern, diese B mit verwaltendem Glaubersalz den zahlreichen Bitterseen der Om-Jenissei Region gleichend. Die letzteren chemisch nächststehende Natschika Therme C 53°7′ N. Br. 158°20′ östl. L. v. Gr. 50 Werst vom nächsten Vulkan Kariakskaja sopka wird durch die Gyps und Glaubersalz reichen Zawoiko und die ausserdem Calciumsulfhydrür enthaltende Sjerebrannikow und Galenitschew Therme der Paratunka Gruppe von Jawina und Banna getrennt. Natschika ihrerseits trennt die Glaubersalz—Soda Thermen, Apatscha 53°0′ N. Br. 157°3′ östl. L. v. Gr. und Malka 53°24′ N. Br. 258°3′ östl. L. v. Gr. der Categorie D räumlich von einander. Kireun 56°14′ N. Br. 160°0′ östl. L. v. Gr. 60 Werst von den 2 nächstliegenden Vulkanen, Gyps, Chlornatrium und Natriumsulfat führend, liegt auf halbem Wege zwischen der Soda-Glaubersalz Therme Malka D und der Gyps-Calcit Therme Uka J.


63
Gischig

Gischiga b
Penschina b
Kamtschatka Halbinsel
BEHRINGS MEER
OCHOTSKISCHES MEER
Karaga I
Komandor Inseln
Behrings I
Kupfer I.
C. Ombon
C. Stolpowoj
C. Kamenaka
C. Lopatka
Petropawlowsk
Kronozkaja sopka 10,608
Kronozkoe see
Kurilsk see
Tigil Fl
Utcholok Fl
Bystraja Fl
Kamtschatka Fl
1. Paratunka
2 Natschiki
3. Apatscha
4 Gaugina
5. Jawina
6. Malka
7 Kireun
8 Uka
a. Jagodnaja (Byschaja Quelle)
b Paratunka (Wimut Quelle)
c Bannaja (Merlin Quelle)
d. Dsupanowa
e Nachtschara
f Schemiatschik
g Kresty (Grigoriew Quelle)
h Ssedanka (Mironi Quelle)
östl. v. Greenwich

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01769 5685